C. ULISES MOULINES

EL DESARROLLO MODERNO DE LA FILOSOFÍA DE LA CIENCIA (1890-2000)

Traducción:
XAVIER DE DONATO



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES FILOSÓFICAS
MÉXICO 2011

Q175
M6818

El desarrollo moderno de la filosofía de la ciencia (1890-2000) / C. Ulises Moulines; traducción: Xavier de Donato. - México: UNAM, Instituto de Investigaciones Filosóficas, 2011
186 pp. - (Colección Filosofía de la ciencia)
Traducción de: Die Entwicklung der modernen Wissenschaftstheorie (1890-2000): eine historische Einführung
ISBN 978-607-02-2366-2

1. Ciencia - Filosofía - Historia. I. Donato, Xavier de, tr. II. t. II. Ser.

Título original en alemán:
Die Entwicklung der modernen Wissenschaftstheorie (1890-2000): Eine historische Einführung

Cuidado de la edición, composición y formación tipográfica:
Claudia Chávez Aguilar

Primera edición en español: 2 de agosto de 2011

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES FILOSÓFICAS
Ciudad Universitaria, Delegación Coyoacán,
C.P. 04510, México, Distrito Federal
Tels.: 5622 7437 y 5622 7504; fax: 5665 4991
Correo electrónico: libros@filosoficas.unam.mx
página web: http://www.filosoficas.unam.mx

Impreso y hecho en México
ISBN 978-607-02-2366-2

Prólogo

Lo que aquí propongo al lector es una visión de conjunto del desarrollo de la historia de la filosofía de la ciencia, desde sus inicios institucionales hasta nuestros días. Esta visión no puede ser completa ni totalmente neutra. Expuesta necesariamente desde una perspectiva particular –la mía–, esta historia intenta abocarse a la parte de la herencia de nuestra disciplina que me parece más significativa y poner énfasis en los aspectos de su evolución que, desde el punto de vista actual, han tenido mayor impacto en sus ulteriores desarrollos temáticos y metodológicos. Me he esforzado, sin embargo, en ser lo menos subjetivo posible en el relato de la historia de la disciplina y en subrayar prioritariamente los aspectos positivos de los enfoques examinados; cuando he hecho juicios críticos, he intentado hacerlo situándome dentro de la lógica inherente a los autores considerados.

Tal vez para comenzar el lector desee tener una respuesta general a la pregunta: "¿qué es la filosofía de la ciencia?". Hasta el momento no existe ningún consenso sobre los contenidos ni sobre los métodos esenciales a esta disciplina. Cualquier determinación global que se adopte es ya una toma de posición más o menos sujeta a controversia. Para definir nuestra disciplina, adoptaré más bien un punto de vista externo, "institucional". Por todo el mundo, encontramos cátedras universitarias e institutos con nombres que incluyen las expresiones "filosofía de la ciencia" o, más frecuentemente, "historia y filosofía de la ciencia" o aun "lógica y filosofía de la ciencia" (una diferencia en la denominación que no es inocente y que, como veremos, tiene sus raíces en la historia misma de la disciplina). Asimismo existe una asociación internacional llamada "Logic, Methodology and Philosophy of Science", así como una "Académie internationale de philosophie des sciences" –ambas organizan congresos regularmente–. Numerosas revistas como *Philosophy of Sci-*

ence, British Journal for the Philosophy of Science, Studies in the History and Philosophy of Science, Philosophia Naturalis, Zeitschrift für allgemeine Wissenschaftstheorie (la cual, por cierto, recientemente "internacionalizó" su nombre sustituyéndolo por *Journal for General Philosophy of Science*) han visto la luz, así como aquéllas con títulos más neutrales, pero reconocidas como órganos más o menos oficiosos de la filosofía de la ciencia contemporánea como *Erkenntnis, Synthese, The Journal of Philosophy* o *Dialectica*. Finalmente, series de colecciones como *Minnesota Studies in the Philosophy of the Sciences, Boston Studies in the Philosophy of Science* o aun *Poznan Studies in the Philosophy of Science and the Humanities* han sido –o todavía son– publicadas regularmente. El objeto de este libro consiste, pues, en una serie de autores, enfoques, métodos y resultados que se han expresado o discutido a lo largo del siglo XX, principalmente en las asociaciones, congresos, revistas y colecciones ya mencionados. Lo anterior me permitirá abordar, de una manera menos polémica, la cuestión del desarrollo histórico de la filosofía de la ciencia así "definida".

Para evitar posibles malentendidos por parte del lector no iniciado, de entrada se señalan tres advertencias. Conviene indicar desde un principio que la filosofía de la ciencia ha devenido una disciplina fuertemente especializada, que es necesario distinguir de otras disciplinas que mantienen con ella relaciones más o menos estrechas, pero que tienen propósitos y métodos claramente diferentes. En ciertos aspectos, la filosofía de la ciencia, que es una disciplina reciente, tiene relaciones *temáticas* con otra disciplina filosófica mucho más antigua, la teoría (o filosofía) del conocimiento. Sin embargo, estas relaciones no conciernen más que a una parte de esas dos disciplinas, las cuales siguen una *metodología* bastante diferente. El objeto de la reflexión filosófica es también diferente en ambas disciplinas: mientras que la teoría del conocimiento se ocupa de las condiciones y límites del conocimiento humano en general, la filosofía de la ciencia analiza la estructura y el funcionamiento de esta forma muy particular de conocimiento que es el conocimiento científico, y más especialmente el proporcionado por las teorías científicas. Este libro se concentra, pues, en la evolución de la filosofía de la ciencia *stricto sensu*, lo que naturalmente no excluye que contenga aquí o allá referencias a problemas, a corrientes de pensamiento o a autores que también pudieran tener su lugar en una historia de la teoría del conocimiento.

Pero su objeto –el conocimiento científico– no basta para caracterizar la filosofía de la ciencia. Otras disciplinas también toman

ciertos aspectos de las ciencias como objeto de estudio. Ahora bien, la disciplina que aquí nos interesa no es una sociología de la ciencia, ni una historiografía de la ciencia, ni una ética de la ciencia –mucho menos aún ese conjunto de reflexiones al que se suelen dedicar con gusto los científicos renombrados cuando llegan a cierta edad–. La filosofía de la ciencia es fundamentalmente una disciplina *teórica de "segundo orden"* en relación con las ciencias existentes, es decir, una "metaciencia". Para decirlo escuetamente, el objetivo de la filosofía de la ciencia es construir modelos (metacientíficos) para *elucidar* lo que es esencial en los conceptos, teorías, métodos y relaciones mutuas que se dan entre las ciencias establecidas. Y justamente en este sentido es, pura y claramente, una disciplina ante todo *filosófica*.

Un término casi sinónimo de "filosofía de la ciencia" en el sentido en que la entiendo aquí es el más tradicional de "epistemología".[1] Este término tiene contornos semánticos más generales que, por lo regular, corresponden mejor a la teoría general del conocimiento. No lo usaré, pues, más que ocasionalmente y para referirme a lo que tenga que ver con capacidades del conocimiento humano en un contexto principalmente científico.

Una segunda advertencia concierne a los límites de las disciplinas que son el objeto estudiado por la filosofía de la ciencia. Se trata de ciencias que, en lenguas europeas distintas de la francesa, se suelen llamar "empíricas" (física, química, biología, psicología, economía, etc.) –es decir, disciplinas cuya validez depende, aunque sea de una manera muy indirecta, de aquello que llamamos "experiencia sensible"–. Aquí, pues, utilizaré el calificativo "empírico" para designar el conjunto de disciplinas de la naturaleza o de la sociedad, y excluiré las disciplinas puramente formales como la lógica o las matemáticas. Si bien este uso del término "ciencias empíricas" no está muy extendido entre los autores de lengua francesa (quienes a veces prefieren "ciencias de lo real",[2] cuyo inconveniente es que

[1] "Epistemología", en su acepción más habitual tanto en español como en inglés, es sinónimo de "teoría del conocimiento" (lo que en alemán se llama "Erkenntnistheorie"). Sin embargo, en francés "épistémologie" es, por lo general, un sinónimo de "filosofía de la ciencia". Así se señala, por ejemplo, en el *Dictionnaire de la langue philosophique* de Paul Foulquié (P.U.F., París, 1962, p. 217), donde se dice que es la acepción no sólo más común en esa lengua, sino incluso la más conforme con la etimología. No obstante, el término tiene también otros usos. Véase la *Encyclopédie de philosophie universelle* II, publicada bajo la dirección de André Jacob, *Les Notions philosophiques*, tome 1, P.U.F., París, 1990, p. 813. [Cuando no se indique lo contrario, las notas corresponden al autor. N. del t.]

[2] En francés, "sciences du réel". [N. del t.]

implica que se tome partido acerca de lo que es real y lo que no lo es), sí permite distinguir claramente la reflexión filosófica sobre las ciencias de la naturaleza y la sociedad (aun cuando éstas aparezcan en forma altamente "matematizada") de la reflexión filosófica sobre la lógica y las matemáticas "puras". Entiendo aquí por "filosofía de la ciencia" *exclusivamente* la filosofía de las *ciencias empíricas*. Esto implica, en la historia de nuestra disciplina, dejar completamente a un lado la *filosofía de las matemáticas*, disciplina aún más especializada que la filosofía de las ciencias empíricas, y que ha tenido un desarrollo extraordinario a lo largo del siglo XX. Este desarrollo ha sido casi por completo independiente de cuestiones filosóficas planteadas desde las ciencias empíricas, aunque las dos metadisciplinas tengan influencia mutua.

Una tercera advertencia tiene que ver con el grado de generalidad que pretenden tener las doctrinas sobre las ciencias que aquí examinaré. Se trata de teorías *generales* sobre las ciencias (empíricas) o, lo que es lo mismo, de teorías sobre las ciencias (empíricas) *en general*. En el transcurso del siglo XX, y sobre todo durante sus últimos decenios, se llevaron a cabo un número considerable de investigaciones sumamente interesantes sobre problemas lógico-metodológicos o epistemológicos de disciplinas científicas particulares, incluídas teorías estudiadas individualmente. Existe así no sólo una filosofía de la física, de la biología, de la economía, etc., sino incluso una filosofía de la teoría especial de la relatividad, una filosofía de la mecánica cuántica, una filosofía de la teoría de la evolución,... Hoy en día es común distinguir la filosofía *general* de la ciencia de la filosofía *especial* de las ciencias, es decir, de la filosofía de las ciencias particulares. Muchos de los autores y grupos de investigadores que estudiaré en este libro han hecho contribuciones importantes no sólo a la primera, sino también a la segunda. No obstante, los problemas y métodos de análisis de una y otra (aunque frecuentemente se hallen en relación de influencia mutua) no son idénticos. Discutir las diferentes contribuciones a la filosofía especial de las ciencias del siglo XX no es el propósito de la presente obra.

Dada la naturaleza deliberadamente panorámica de mi exposición, he tratado de recurrir lo menos posible a una terminología esotérica y a detalles técnicos (que en la filosofía de la ciencia contemporánea están frecuentemente vinculados al uso de la lógica y de las ramas fundamentales de la matemática como instrumentos de análisis). Este libro no ha sido concebido para un público especializado, sino para todos aquellos que, provenientes de las más diversas

disciplinas (comprendida la filosofía), deseen contar con una visión global del desarrollo de esta disciplina relativamente reciente que es la filosofía de la ciencia. Sólo se presupone un conocimiento elemental de los autores e ideas filosóficas y científicas; por lo demás, he intentado evitar conceptos demasiado específicos de la disciplina y, en caso de no poder evitarlo, ofrezco explicaciones intuitivas, comprensibles para todo el mundo. En este sentido, esta obra puede leerse como una introducción no solamente histórica, sino también temática a la filosofía de la ciencia contemporánea. Por supuesto no pretende ser la única de este género en francés.[3] Sin embargo, se distingue de las otras obras por su intento de situar los temas, enfoques y autores de la filosofía de la ciencia dentro de una perspectiva histórica coherente y continua desde fines del siglo XIX hasta nuestros días. He puesto más énfasis en las corrientes generales y en el contexto en él cual aparecen las ideas y los enfoques que en los detalles biobibliográficos de los autores involucrados.[4] Los textos siempre se citan de acuerdo con el título original.

Para terminar diré algo acerca de la génesis de este libro. Durante más de treinta años me he consagrado al estudio de temas centrales de la filosofía de la ciencia contemporánea y, al mismo tiempo si bien he tratado de contribuir personalmente al esclarecimiento de algunas cuestiones históricas concernientes al desarrollo de la disciplina, la parte más sustancial del trabajo que he realizado hasta fechas recientes es de tipo sistemático y no historiográfico. Mi nombramiento para una cátedra internacional de investigación "Blaise Pascal" en la *École Normale Supérieure* (París), me dio la oportunidad y el tiempo necesario para reflexionar sobre la estructura diacrónica de mi propia disciplina. A sugerencia de Claude Debru, profesor de filosofía de la ciencia en la *École Normale Supérieure* (con quien estoy particularmente agradecido), impartí una serie de conferencias titulada "Un siglo de filosofía de la ciencia", orientada a profesores y

[3] A riesgo de ser injusto con otras obras, mencionamos solamente tres, de reciente aparición, muy útiles como introducciones temáticas a la filosofía de la ciencia: *La philosophie des sciences au* XX*e* *siècle*, de A. Barberousse, M. Kistler y P. Ludwig, así como las dos colecciones de ensayos, ambas en dos volúmenes, *Philosophie des sciences*, dirigidas respectivamente por D. Andler, A. Fagot-Largeault y B. Saint-Sernin, y por S. Laugier y P. Wagner (véase la bibliografía, pp. 167–173).

[4] La primera vez que aparece citado un autor, se indican entre paréntesis el país de origen (y eventualmente el país donde se formó si es diferente del primero) así como el año de nacimiento (salvo para algunos autores contemporáneos que parecen no desear que se publique este género de información) y, en su caso, de deceso.

estudiantes pertenecientes a disciplinas diversas. La presente obra es fruto de una revisión ulterior y de una profundización de las notas elaboradas para dicha ocasión.

Agradezco también a Andrei Rodin y, sobre todo, a Charles-David Wajnberg –mis dos colaboradores durante mi estancia parisina–, cuyos comentarios y revisiones a mi texto me fueron de gran utilidad. Expreso todo mi reconocimiento a Francis Wolff, director del departamento de filosofía de la *École Normale Supérieure*, por su valiosa relectura. No siendo francófono de origen, debo igualmente agradecer a Lucie Marignac y Marie-Hélène Ravenel, de las Éditions Rue d'Ulm, la paciente labor de revisión estilística que realizaron a partir del manuscrito. *Last but not least*, estoy en deuda con la región Île-de-France por su generosidad al concederme una beca anual, eficazmente gestionada por la Fundación de la ENS. También debo agradecer a la propia ENS el haberme acogido en sus laboratorios. Gracias a estas instituciones pude redactar la mayor parte de este libro durante el año académico 2003-2004.

Finalmente, debo hacer notar que el presente texto en castellano, debido a la traducción de Xavier de Donato, no es por su contenido exactamente idéntico a la versión original en francés. El presente texto ha surgido de una revisión sustancial y de una ampliación de la versión francesa –revisión y ampliación que primero redacté para la versión en alemán de esta obra, publicada bajo el título "Die Entwicklung der modernen Wissenschaftstheorie (1890-2000): Eine historische Einführung" por la editorial Lit-Verlag, Münster, 2008–. Las nuevas partes en lengua alemana también han sido traducidas por el doctor de Donato para la presente edición en castellano. En parte, las revisiones y añadidos actuales se han basado en sugerencias hechas por el propio doctor de Donato y por el doctor Ralph Cahn (Munich). Ambos también son merecedores de mi agradecimiento.

Un agradecimiento muy especial de mi parte merece también mi amiga y colega de tantos años, la doctora Margarita Valdés, del Instituto de Investigaciones Filosóficas de la UNAM, cuyo apoyo infatigable ha sido esencial para la publicación de este libro en lengua castellana.

Carlos Ulises Moulines
París-Munich, septiembre 2005

1

UNA VISIÓN DE CONJUNTO

1. *Los inicios institucionales*

La filosofía de la ciencia, en tanto que disciplina filosófica dotada de un perfil institucional propio, de una temática bien delimitada, con cátedras universitarias e institutos dedicados específicamente a ella, nació prácticamente con el siglo XX. Para ser más precisos, surge en cuestión de algunos decenios entre finales del siglo XIX y la Primera Guerra Mundial, primeramente en los países de habla alemana, y luego casi en todos los países de Europa occidental y central, Estados Unidos y, finalmente, Canadá y América Latina.

La primera cátedra claramente dedicada a la "filosofía inductiva" fue creada en la Universidad de Zurich en 1870, con el objeto de tender un puente entre la epistemología tradicional y los desarrollos más recientes acerca de los fundamentos de las ciencias "inductivas". "Ciencias inductivas" se convierte en el término consagrado, durante todo el siglo XIX y el primer cuarto del siglo XX, para el conjunto de las disciplinas reunidas hoy dentro de la categoría de "ciencias empíricas" (véase el prólogo, p. 8). La elección de esta expresión esconde ya una toma de partido de carácter metodológico que marcaría durante cierto tiempo el desarrollo de la disciplina que estudia estas ciencias: parecía entonces evidente que el método que caracteriza las ciencias de la naturaleza y de la sociedad es la *inducción*, por oposición a la deducción, método específico de la lógica y de la matemática pura. Esta "evidencia" —o supuesta evidencia— ha sido abandonada después de varios años de discusión en el seno mismo de la filosofía de la ciencia. Hoy en día no se habla más de "ciencias inductivas", y las razones de este cambio terminológico constituyen también una parte importante de la historia de la disciplina.

Esta primera cátedra de filosofía de la ciencia en Zurich no tuvo mucho impacto en la constitución de la disciplina por razones in-

herentes a la política interna de la universidad. Mucho más importante fue, en cambio, la creación –un cuarto de siglo más tarde, en 1895, en la Universidad de Viena– de la cátedra "Historia y teoría de las ciencias inductivas". Esta cátedra fue creada para Ernst Mach (Austria, 1836-1916), una de las personalidades científicas más destacadas de la época y considerado retrospectivamente como uno de los pioneros de la filosofía de la ciencia en su sentido actual. Cuando Mach se retiró, la cátedra se le asignó a Ludwig Boltzmann y, posteriormente, en 1922, a Moritz Schlick. Este último conformó un grupo de filósofos y científicos que en 1928 constituyó la Asociación Ernst Mach, la cual a su vez devino el "escaparate institucional" del famoso Círculo de Viena, un grupo de filósofos y científicos que se revelará decisivo (aunque no exclusivamente) en la constitución del perfil de la filosofía de la ciencia en el siglo XX. Durante el periodo de entreguerras, las características esenciales de la temática y de la metodología de la filosofía de la ciencia, en tanto que disciplina autónoma, quedan trazadas definitivamente.

2. *"Prehistoria" y "protohistoria"*

La historia de la disciplina tiene sus raíces tanto en la historia de la filosofía como en la historia de la ciencia de épocas precedentes. Desde el momento en que una ciencia se constituye como disciplina autónoma en relación con la filosofía (por ejemplo, en la Antigüedad griega, la geometría y la astronomía), los filósofos inician una reflexión filosófica de "segundo orden" sobre esta disciplina, es decir, una reflexión metodológica y metateórica. Aristóteles puede ser considerado el primer filósofo de la ciencia en un sentido próximo al que le damos hoy. A él particularmente le debemos la idea de *sistema axiomático* como ideal de toda construcción de una teoría científica. Y no hay que olvidar que la axiomática ha desempeñado un papel de primerísimo orden en la filosofía de la ciencia del siglo XX.

Seguramente habría mucho que decir en lo concerniente a la evolución de las ideas filosóficas sobre la ciencia, desde Aristóteles hasta la Ilustración; filósofos y científicos como Bacon, Descartes, Newton, Hume y los enciclopedistas proporcionaron reflexiones sobre el conocimiento científico de su tiempo que fácilmente podemos poner en relación con la temática contemporánea de la filosofía de la ciencia. (Esto es verdad sobre todo con respecto a las *Regulae philosophandi* que Newton incluyó al principio del tercer libro de su obra principal, aparecida en 1687, *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*, y que pueden ser vistas como un pequeño tratado de metodología

en el sentido actual.) Pero siendo mi objetivo examinar la evolución de la filosofía de la ciencia contemporánea, propongo dar un gran salto hacia delante para pasar a Kant sin más preámbulos.[1]

Una razón fundamental nos hace privilegiar a Kant sobre los pensadores precedentes. La filosofía trascendental kantiana, en particular en lo concerniente a las tesis presentadas en la *Crítica de la razón pura* (1781) y en los *Primeros principios metafísicos de la ciencia natural* (1786), marca una etapa importante en lo que podemos llamar la "protohistoria" de nuestra disciplina. Esto es verdad no sólo porque el pensamiento kantiano ha influido fuertemente en las discusiones filosófico-científicas hasta mediados del siglo XX, sino también porque el enfoque kantiano se puede interpretar como un primer ejemplo de *metateoría* sistemática, es decir, como la construcción de un "modelo", en el sentido moderno, de la estructura conceptual de las teorías científicas (resulta, pues, verosímil que Kant mismo empleara el término de "arquitectónica", "Architektonik" en alemán).[2]

Kant toma como objeto de reflexión dos teorías ya bien establecidas en su tiempo (la geometría euclídea y la mecánica newtoniana), y se pregunta qué estructura conceptual subyacente podría explicar por qué estas dos teorías, a pesar de ser tan "abstractas", ofrecen un conocimiento preciso y eficaz de la realidad empírica. La concepción general kantiana de los juicios sintéticos *a priori*, de las categorías y de las formas puras de la intuición (espacio y tiempo) puede interpretarse como una metateoría general de las teorías de las ciencias empíricas matematizadas (representadas por lo que hoy llamamos la geometría física y la mecánica clásica). Estos elementos a la vez sintéticos (es decir, con un contenido sustancial) y *a priori* (es decir, independientes de la experiencia) nos permiten comprender por qué la matematización de las ciencias de la naturaleza nos da un conocimiento cierto y exacto de la realidad empírica.

Raros son los filósofos de la ciencia que aún hoy aceptan el conjunto de la metateoría kantiana. Sin embargo, Kant estableció las bases de la discusión sobre muchos temas centrales de la filosofía de la ciencia, tales como la función de las matemáticas en las ciencias empíricas, la naturaleza de las leyes científicas, el valor del principio de causalidad o aun la esencia del espacio y del tiempo. Muy particularmente, la doble distinción kantiana analítico/sintético y *a prio-*

[1] Para mayor información a propósito de las ideas filosóficas sobre la ciencia anteriores a Kant, véanse P. Wagner (dir.), *Les philosophes et la science*, y J. Losee, *A Historical Introduction to the Philosophy of Science*.

[2] Véase, por ejemplo, la *Crítica de la razón pura*, B860/A832.

ri/a posteriori, igual que la existencia de elementos sintéticos *a priori* en nuestro conocimiento científico, ocupa un lugar central en los debates epistemológicos del siglo XX, aun cuando estas categorías conceptuales han sido reinterpretadas o definidas de una manera diferente en relación con el modelo kantiano, como se verá más adelante.

De los filósofos del *idealismo alemán* posteriores a Kant no puede decirse propiamente que hayan contribuido de manera significativa a la filosofía de la ciencia en el sentido en que la entendemos aquí. Su objetivo, sobre todo en el caso de Hegel y Schelling, fue más bien construir una *filosofía de la naturaleza*, es decir, una especulación directa (de "primer orden") sobre la realidad empírica, basada en sus respectivos sistemas metafísicos. En realidad, estos filósofos aceptaban poco o se oponían francamente (como muestran las críticas acerbas de Hegel en contra de Newton) al espíritu de la ciencia moderna tal y como se había desarrollado a partir del siglo XVII. Extrapolando un poco, se podría interpretar la "filosofía de la naturaleza" de Schelling y Hegel como intentos de proponer programas de investigación alternativos a los que habían constituido las ciencias a partir de la "revolución científica" del siglo XVII. Estos programas, sin embargo, casi no tuvieron repercusión sobre la investigación posterior, al menos en el campo de las ciencias naturales.

Tras el paréntesis del idealismo alemán, Auguste Comte (Francia, 1798-1852), fundador del positivismo, da un nuevo impulso a la filosofía de la ciencia como reflexión de "segundo orden" sobre las ciencias establecidas durante el segundo cuarto del siglo XIX. Comte construyó un sistema clasificatorio y jerárquico de las ciencias desde una perspectiva sincrónica y diacrónica a la vez, que le permite explicar su desarrollo y formular, por así decirlo, unas "normas de la buena conducta científica". Sus ideas, con el rechazo radical de toda especulación metafísica, gozaron de una gran influencia en su época, no sólo en los filósofos, sino también en los científicos, particularmente en la medicina y en las ciencias sociales.

También en Inglaterra se había desarrollado un interés particular por las cuestiones metodológicas de las ciencias naturales hacia la mitad del siglo XIX. Los tres pensadores más característicos en este sentido son sin duda John Herschel (1792-1871), William Whewell (1794-1866) y John Stuart Mill (1806-1873). Los dos primeros eran, además, influyentes hombres de ciencia (y Whewell era también un reconocido historiador de la ciencia), mientras que el tercero era un exitoso hombre de negocios convertido en reformador político y

publicista. Al igual que Comte, no querían dar paso a la metafísica especulativa y se guiaban más por las ciencias naturales establecidas en su tiempo. Al contrario de Comte, no se interesaron por la cuestión de la clasificación sistemática de las ciencias, sino más bien por la fundamentación de una metodología general del conocimiento empírico. Es común para los tres autores el lugar central que ocupa en sus reflexiones el concepto de *inducción* como método fundamental de la investigación empírica. Sin embargo, en su caso, la inducción no representa –como en la tradición filosófica precedente– un sistema de reglas formales de inferencia que supuestamente debieran permitir derivar regularidades generales a partir de observaciones particulares, sino la construcción de hipótesis rivales sobre un determinado campo de investigación, que deben ser contrastadas de diversas maneras con la experiencia. A nivel más sistemático, Mill intentó identificar y formular lo más exactamente posible los diferentes métodos inductivos de apoyo de hipótesis. Mill pretendió que, en condiciones especialmente favorables, debía ser posible alcanzar los fundamentos absolutamente seguros de las ciencias empíricas (como la física) a través de la aplicación sistemática de los métodos inductivos explicitados por él. Por el contrario, Whewell se mantuvo escéptico frente a esta posibilidad; según él, no se puede afirmar –por principio– la verdad definitiva de las hipótesis empíricas. En este sentido, el *falibilismo* de Whewell está más cerca que Mill del desarrollo de la filosofía de la ciencia del siglo XX, en especial del racionalismo crítico (véase el capítulo 4); pese a ello, Mill resultó más influyente que Whewell en la filosofía de la ciencia inmediatamente posterior.

Sea a causa del idealismo alemán, del positivismo francés o del inductivismo británico, el caso es que el pensamiento de Kant en relación con los fundamentos de las ciencias naturales quedó al margen durante la mayor parte del siglo XIX. Esto se debió no sólo a la evolución interna de la filosofía, sino quizá todavía más al hecho de que el desarrollo enorme que las ciencias empíricas experimentaron a lo largo del siglo XIX se produjo de un modo completamente independiente de las cuestiones sobre el fundamento del conocimiento científico que Kant había planteado. Además, ciertos resultados científicos obtenidos durante este periodo, en particular el auge de las geometrías no euclídeas hacia la mitad del siglo, aparecían como una refutación definitiva de la idea kantiana de la existencia de un elemento sintético *a priori* en los fundamentos de las ciencias. Paradójicamente, fue la discusión en torno a la importancia de las

geometrías no euclídeas y otros resultados científicos desconocidos de Kant, como la nueva fisiología de los sentidos, lo que conduciría poco a poco a algunos pensadores a interesarse de nuevo por Kant. Más que el contenido de los postulados kantianos, fue la manera general en que Kant planteó las cuestiones lo que atrajo a quienes se preguntaban por las características esenciales del conocimiento científico. Hermann von Helmholtz (Alemania, 1821-1894) es quizá el ejemplo más destacable de este cambio de actitud intelectual. Fisiólogo, físico y matemático, además de epistemólogo, sus investigaciones sobre la psicofisiología de los sentidos, la termodinámica y la geometría tendrían una gran repercusión en la ciencia de su tiempo. Sus reflexiones de "segundo orden" sobre sus propias investigaciones y las de sus contemporáneos científicos, más o menos inspiradas en Kant, orientarían al menos una parte de la fase de germinación de la filosofía de la ciencia contemporánea.

Los últimos años del siglo XIX y los primeros del siglo XX son testimonio de una verdadera "resurrección" del interés por Kant, tanto en los medios estrictamente filosóficos como entre los investigadores que se ocupan de los fundamentos de las ciencias. Es precisamente en este periodo que la filosofía de la ciencia se comienza a perfilar como una disciplina autónoma. Sin duda, entre los "filósofos puros" de este periodo hay que mencionar la escuela de los neokantianos y, particularmente en lo que concierne a la reflexión sobre las ciencias naturales, a Ernst Cassirer (Alemania, 1874-1945). Durante muchos años, y hasta la mitad del siglo XX, Cassirer intentó mostrar la compatibilidad de la epistemología kantiana con los nuevos resultados científicos (no sólo en geometría, sino sobre todo en física). Hay que reconocer, sin embargo, que el neokantismo simplemente no ha participado en la construcción de la temática específica de la filosofía de la ciencia contemporánea. El papel primordial en la construcción de nuestra disciplina corrió a cargo de una serie de científicos de orientación filosófica que, aun siendo críticos con respecto a las tesis kantianas, supieron reemprender las cuestiones planteadas por Kant, de una forma directa, o a través de la lectura de las reflexiones de orden kantiano realizadas por otros autores de la generación inmediatamente precedente, siendo Helmholtz el primero de ellos. Éste es precisamente el lugar en el que entramos en el meollo de nuestra disciplina.

3. *Las cinco fases del desarrollo*

A modo de hipótesis de trabajo y para orientarnos en nuestra exposición, postulamos que, en el desarrollo de la filosofía de la ciencia desde los últimos años del siglo XIX hasta el fin del siglo XX, se pueden distinguir *cinco grandes fases.* (Por supuesto aquí hablamos de "fases" y no de "periodos históricos" en sentido estricto: se trata más bien de maneras diferentes de comprender la tarea de la filosofía de la ciencia que más o menos se suceden en el tiempo, pero que también se pueden solapar y, a veces incluso, desarrollar en paralelo.)

La fase de *germinación* o de *preformación* (de 1890 aproximadamente hasta el fin de la Primera Guerra Mundial) está caracterizada principalmente por reflexiones epistemológicas y metodológicas de ciertos científicos (físicos y fisiólogos) y de algunos filósofos dotados de conocimientos científicos sólidos, así como por influencias más o menos directas de Kant y de la fisiología de los sentidos del siglo XIX. El empiriocriticismo y el convencionalismo representan las corrientes más destacadas de esta fase. El interés por la historia de la ciencia no es insignificante, pero tampoco decisivo.

La fase de *eclosión* (1918–1935) se define por la irrupción intensa y generalizada de métodos de análisis formal (lógica formal, axiomática hilbertiana, teoría de conjuntos) y por la vinculación con los problemas de los fundamentos de la matemática, así como por una clara voluntad de *ruptura* con las tradiciones epistemológicas precedentes y una postura polémica contra toda forma de metafísica. Se considera que el proyecto kantiano tiene que abandonarse definitivamente. Es la época del positivismo y empirismo lógicos, del operacionalismo y de otras corrientes afines.

La fase *clásica* (aproximadamente de 1935 a 1970) presenta básicamente una continuidad, al menos temática y metodológica, con respecto a la fase precedente; sin embargo, es al mismo tiempo más autocrítica y más "serena". Aporta asimismo numerosos y sólidos resultados formales (aunque a menudo negativos), y favorece los estudios de detalle a veces extremadamente técnicos. No podemos hablar aquí de una escuela dominante, sino más bien de una "familia" con un aire vagamente empirista en un sentido bastante amplio (que debería incluir el "racionalismo crítico" y la concepción hipotético-deductiva del método científico). Existe un amplio consenso de que durante esta fase la filosofía de la ciencia se consolida definitivamente como disciplina. (En esta época es cuando aparecieron la mayor parte de los centros, los congresos, las revistas, las antologías, etc.

cuyos nombres hacían referencia explícita a la "filosofía de la ciencia".) Los filósofos de la ciencia que vinieron después, sobre todo aquellos que estaban en desacuerdo con las posturas características de esta fase, frecuentemente se refieren a ella como una "concepción heredada" (*received view*), –aunque el uso del singular en esta expresión resulta bastante inadecuado–.

La fase *historicista* (aproximadamente de 1960 a 1985) explícitamente se opone en su totalidad a los presupuestos de contenido y de método de las fases anteriores, y subraya al mismo tiempo la importancia capital de la historia de la ciencia para una filosofía "realista" de la ciencia. Asimismo, esta fase ignora e incluso niega abiertamente la utilidad de los métodos de análisis formal. El empirismo lógico y el racionalismo crítico se arrojan al "vertedero de la historia". Otro aspecto de esta fase, aunque no se hiciera casi nunca explícito, es una fuerte tendencia al relativismo epistémico y al sociologismo en lo que concierne a los fundamentos del conocimiento científico.

A partir de 1970, la fase *modelista* (en ausencia de un término más atractivo) aporta una mirada bastante crítica sobre los presupuestos de las fases segunda y tercera, aunque sin el carácter polémico de la cuarta, y sin rechazar en bloque la utilidad, en algunos contextos, de instrumentos formales de análisis. Más aún que en las fases precedentes es difícil hablar en este caso de una corriente única. Antes bien se trata de una familia mal definida de enfoques mucho más prudentes y flexibles que los precedentes. Más todavía, hay que reconocer que la insuficiente perspectiva histórica hace difícil la identificación de los rasgos más característicos de esta fase. Sin embargo, se pueden señalar dos "denominadores comunes": un giro "antilingüístico" en relación con las corrientes precedentes, que privilegia la noción de *modelo* frente a la de *proposición* como unidad básica del conocimiento científico, y el papel central desempeñado por las reconstrucciones, lo más detalladas posible, de teorías científicas concretas. Resulta sintomático que esta fase vea el surgimiento de lo que se ha dado en llamar la "filosofía especial de la ciencia" –filosofía de la física, de la biología, de la economía, etc–. Sin embargo, también encontramos algunos enfoques relativamente sistemáticos alimentados por ambiciones generalizadoras, siendo probablemente los más significativos el *estructuralismo* (metateórico) y el *empirismo constructivo*.

2

FASE DE GERMINACIÓN O DE PREFORMACIÓN: EMPIRIOCRITICISMO Y CONVENCIONALISMO (1890-1918)

1. *El programa de Ernst Mach*

Los últimos decenios del siglo XIX atestiguan una recepción crítica de Kant relacionada con la cuestión de los fundamentos de las ciencias empíricas (sobre todo de la física) y con los nuevos resultados de la fisiología de los sentidos, que coincide con el establecimiento de la filosofía de la ciencia como nueva disciplina universitaria en los países de lengua alemana. La mayor parte de los protagonistas de esta corriente son físicos y fisiólogos con intereses filosóficos, sin embargo, también encontramos algunos filósofos profesionales. Se pueden resumir de la siguiente manera las principales preocupaciones de estos pensadores:

—aportación de nuevos fundamentos a las ciencias físicas, tomando en cuenta los resultados de la fisiología de los sentidos (uno podría incluso hablar del proyecto de dar una base psicofisiológica a los conceptos y principios fundamentales de la física);

—restablecimiento de la unidad de todas las ciencias empíricas;

—"expulsión" definitiva de las especulaciones metafísicas del dominio de la ciencia.

El origen de estas preocupaciones se debe esencialmente al desarrollo de las ciencias físicas mismas en el curso del siglo XIX. Un poco antes de la invención de la teoría especial de la relatividad (1905), los más eminentes físicos teóricos, particularmente en Alemania, se volvieron conscientes de que los fundamentos de la física

no eran tan sólidos como se creía. El auge de la termodinámica y de la electrodinámica durante la segunda mitad del siglo XIX, como disciplinas independientes de la mecánica, hizo dudar del presupuesto clásico de que la mecánica newtoniana podría ser el marco universalmente válido que permitiría explicar los fenómenos naturales. Incluso los conceptos más fundamentales de la mecánica —masa y fuerza— se muestran poco claros y hasta "metafísicos" a la luz del análisis. Por otro lado, otras disciplinas ya bien establecidas, como la química y la fisiología, no parecen ser reducibles a los principios de la física. Ante la amenaza de que la ciencia se convirtiera en una suerte de cajón de sastre basado en fundamentos poco sólidos, surge la voluntad de "volver a comenzar", de reconstruir el edificio único de la ciencia sobre nuevas bases.

Ernst Mach es, sin duda, el pensador más característico de esta postura crítica en relación con la física y el proyecto de reconstruir la unidad perdida sobre una base fenoménico-sensorial universal. En el prefacio a la primera edición de *Die Analyse der Empfindungen* (1886) [El análisis de las sensaciones], obra que enseguida veremos con más detalle, podemos entrever lo que condujo a Mach a dejar momentáneamente de lado sus trabajos más especializados en el dominio de las ciencias naturales para aventurarse en el de la epistemología: "Profundamente convencido de que las ciencias en general —particularmente la física— esperan de la biología y, más concretamente, del análisis de las sensaciones orgánicas, las clarificaciones más importantes sobre sus fundamentos, me he adentrado en el estudio de este campo en muchas ocasiones."

Mach fue ante todo un discípulo de Helmholtz, conocido inicialmente por sus trabajos sobre la termodinámica, la acústica y la fisiología de los sentidos, y que posteriormente se interesó cada vez más por los fundamentos de la mecánica. Según él, esta disciplina debe ser fundada exclusivamente sobre conceptos estrictamente empíricos, es decir, observacionales. Poco a poco, desarrolló así una nueva epistemología de la física (y de las ciencias en general) de tipo radicalmente empirista (o "empiriocriticista", como se llamará más tarde), que se convertirá en un punto de referencia ineludible en los medios filosófico-científicos de fines del siglo XIX y comienzos del siglo XX. Así, Heinrich Hertz (Alemania, 1857-1894) —autor de los *Prinzipien der Mechanik* (1895) [Principios de la mecánica], tratado paradigmático del nuevo enfoque sobre los fundamentos de la mecánica (y que, por otra parte, es una de las fuentes de inspiración epistemológica del primer Wittgenstein)— reconoce explícitamente

su deuda con Mach; y Albert Einstein (Alemania, 1879-1955) dirá mucho más tarde, en su *Autobiografía intelectual*, que la crítica machiana de la mecánica clásica fue el elemento más decisivo en las reflexiones de juventud que le llevaron a concebir la teoría especial de la relatividad.

Por razones un poco diferentes, las dos obras de Mach más significativas dentro de nuestro contexto (*Die Mechanik in ihrer Entwicklung historisch-kritisch dargestellt*, 1883, y la ya citada *Die Analyse der Empfindungen*) son cruciales para comprender el desarrollo temático ulterior de la filosofía de la ciencia. Lo más importante, dentro de la *Mechanik*, es la reformulación de la teoría mecánica por medio de una teoría puramente cinemática: los conceptos de fuerza y de masa no deben ser concebidos como fundamentales, sino más bien reducibles, por definición, a magnitudes puramente observables, es decir, resultantes de la experiencia humana directa; en este caso, se trata de la distancia entre los cuerpos en movimiento, del tiempo transcurrido, de la velocidad y de la aceleración. Sólo hay que definir la fuerza como el producto de la masa por la aceleración (de ahí que el "segundo principio de Newton" no es ya un principio fundamental de la física, sino que pasa a ser una mera definición nominal); la masa, a su vez, Mach la define mediante un procedimiento ingenioso a partir de las aceleraciones relativas de dos cuerpos en proximidad espacial. Además, resulta evidente que el espacio y el tiempo absolutos de Newton deben ser expulsados de la ciencia en tanto que ficciones metafísicas. La propuesta original de Mach tenía cierta falta de rigor formal; sin embargo, en el curso del siglo XX, algunos filósofos de la ciencia como Herbert Simon (Estados Unidos, 1916-2001), Hans Hermes (Alemania, 1912-2003) y Günther Ludwig (Alemania, 1918-2007) vuelven al programa de Mach para la mecánica intentando desarrollarlo en un marco axiomático-formal. No obstante, por razones lógico-metodológicas que se verán más adelante, existe hoy en día un consenso entre los filósofos de la ciencia respecto al hecho de que el programa de Mach no es verdaderamente realizable.

La otra obra de Mach, *Die Analyse der Empfindungen*, es bastante más ambiciosa y tiene un carácter más explícitamente epistemológico: se trata de reconstruir el conocimiento científico y, especialmente, la física y la psicología, partiendo de una base fenoménica única. De este modo, según él, podremos liberarnos de toda "metafísica oculta" y restablecer la unidad perdida de la ciencia. Esta base única debe componerse exclusivamente de sensaciones inmediatas

(colores, sonidos, impresiones táctiles, etc.); los otros objetos del conocimiento científico, los cuerpos sólidos, por ejemplo, o los estados mentales, deben ser reconstruidos gradualmente como complejos de sensaciones. De este modo, la física y la psicología se convierten en ramas metodológicamente, aunque no ontológicamente, diferentes del mismo tronco común: la psicofisiología de los sentidos. He aquí la única ciencia fundamental. A decir verdad, la obra de Mach no se debería haber intitulado "Análisis de las sensaciones", sino más bien "Construcción de la materia y de la mente a partir de las sensaciones". Su programa de reconstrucción de la unidad de las ciencias sobre la base de complejos sensoriales tuvo un impacto extremadamente fuerte sobre sus contemporáneos. A menudo reeditado, *Die Analyse* era un *best seller* científico. A pesar de su legendaria modestia, Mach escribió en 1902 en el prefacio a la cuarta edición de su obra:

> Constato hoy que un gran número de filósofos [...] y hasta algunos naturalistas aislados han ido, sin conocerse entre sí, por caminos convergentes. Si, por esta razón, el valor de mi trabajo en particular se limita a poca cosa, puedo asegurar, en cambio, que no persigo ninguna quimera, sino que he colaborado a una empresa más general.

Efectivamente, la influencia de Mach no fue solamente una moda pasajera. Se ejerció también muy fuertemente sobre la generación de epistemólogos que le sucedieron. Su programa, como el de sus homólogos contemporáneos o posteriores, ha sido llamado de varias maneras: "empirismo radical", "empiriocriticismo", "monismo neutral", "fenomenismo" (no confundir con la fenomenología). No haré aquí referencia a los muchos autores (algunos de ellos son bastante conocidos aún hoy en día, otros menos, otros están completamente olvidados) que intentaron, entre 1890 y 1920, contribuir a este programa, mejorarlo o revisarlo. Mencionaré solamente tres, bien conocidos en contextos diferentes: el filósofo y psicólogo William James (Estados Unidos, 1842–1910), el físico y matemático Henri Poincaré (Francia, 1854–1912) y el lógico y filósofo Bertrand Russell (Reino Unido, 1872–1970).

James es conocido, sobre todo, como uno de los protagonistas del pragmatismo. Sin embargo, en una obra de 1901 que no tiene mucho que ver con esta doctrina, *The Meaning of Truth* [El significado de la verdad], propone un programa de reconstrucción del conocimiento empírico que se pretende explícitamente "empirista radical", de hecho, "monista". Lo más original en el enfoque de

James es que a diferencia de Mach subraya más explícitamente la necesidad de tomar como base conceptual de todas las ciencias no solamente elementos sensoriales (las "sensaciones" de Mach), sino también las *relaciones* entre las sensaciones como conceptos primitivos —una idea que sería recuperada y sistematizada más tarde por otros autores, principalmente por Carnap—. En efecto, James estableció como postulado de su programa que "la experiencia tomada como un todo es un proceso que se desarrolla en el tiempo, por el cual innumerables términos particulares transcurren y son anulados por otros que los siguen en medio de transiciones que, disyuntivas o copulativas en cuanto al contenido, son ellas mismas experiencias y deben en general ser consideradas al menos tan reales como los términos que relacionan".[1] Según James, cada "cosa" percibida de la que podemos hablar científicamente puede considerarse que forma parte asimismo de un proceso físico "externo" en relación con el sujeto de conocimiento (lo que representa el fundamento de la física) y de un proceso mental "interno" al sujeto (fundamento de la psicología), según las relaciones postuladas que esta "cosa" tiene con otras percepciones. Cada "cosa" pertenece, entonces, a dos sistemas de asociación relacional que son metodológicamente (pero no ontológicamente) diferentes: el dominio de la conciencia de un lado, el dominio del espacio físico de otro.

Russell desarrollará de una manera más sistemática esta idea en su libro *Our Knowledge of the External World* [Nuestro conocimiento del mundo externo], publicado por primera vez en 1914, reeditado en 1929 y acompañado de un subtítulo revelador: *As a Field for Scientific Method in Philosophy* [Como campo para el método científico en filosofía]. En su prefacio, Russell anuncia el principio metodológico central que guía sus reflexiones: concebir el mundo físico como una *construcción* (lógica) más que como una *inferencia* (intuitiva) a partir de datos sensoriales. Este método abre una vía técnica que se va a convertir en crucial para la comprensión ulterior de la filosofía de la ciencia: la aplicación de conceptos y métodos provenientes de la lógica matemática (en un sentido amplio, que incluye de hecho la teoría de conjuntos y la topología) a cuestiones filosóficas y sobre todo epistemológicas. Esta idea, por supuesto, estaba ya en el aire desde hacía algún tiempo. Sin embargo, Russell es el primero en no limitarse a hablar de ella y tener el valor de intentar ponerla en práctica. Para lo cual utilizó los instrumentos de la lógica y de la teoría de conjuntos y, muy especialmente, una técnica formal que acababa de inventar su

[1] William James, *The Meaning of Truth*, p. 65.

colega Alfred North Whitehead (Reino Unido, 1861-1947), a saber, el "método de la abstracción extensiva", para reconstruir las partículas materiales, los puntos espaciales y los instantes temporales en tanto que conjuntos de sensaciones estructuradas según determinadas relaciones. Cierto, la reconstrucción del espacio a partir de complejos de sensaciones es aún un esbozo muy primitivo en Russell; sólo su discípulo Jean Nicod quien cumpliría verdaderamente esta tarea en su libro *La Géometrie dans le monde sensible* (1924) [La geometría en el mundo sensible]. En cualquier caso, la primera publicación de la obra de Russell en 1914 es el nacimiento de una filosofía de la ciencia en tanto que "epistemología matemática" (del mismo modo que hablamos de psicología matemática). La nueva lógica matemática (incluyendo las disciplinas emparentadas e igualmente nuevas de la teoría de conjuntos y de la topología) se concibe a partir de este momento no sólo como una herramienta esencial a las investigaciones sobre los fundamentos de las matemáticas (como habían mostrado sobre todo Frege, Cantor y el propio Russell); entra también en el corazón mismo de la filosofía y, más particularmente, de la epistemología y del programa machiano de unificación de las ciencias.

Algunos años antes que Russell, encontramos ya esta idea del uso de métodos formales para reconstruir los objetos de la física sobre una base sensorial en otro científico filósofo, Henri Poincaré, quien, por otra parte, señala explícitamente su deuda con los "empiriocriticistas" Mach y Hertz. Sin embargo, las herramientas formales que Poincaré propone son diferentes de las de Russell: en lugar de la lógica y la teoría de conjuntos que Poincaré miraba con recelo, aboga por el uso de la topología, al desarrollo de la cual él mismo contribuyó de manera sustancial. No obstante, hay que admitir que la propuesta de Poincaré se introduce de una manera puramente programática, sin aplicación concreta, en su principal obra teórica: *La science et la hypothèse* (1902) [La ciencia y la hipótesis]. Sólo hacia el final de su vida Poincaré intentará poner su idea en práctica: reconstruir el espacio de la física sobre la base de datos sensoriales en un breve y difícil ensayo titulado *L'Espace et ses trois dimensions* [El espacio y sus tres dimensiones], publicado el año de su muerte (1912), y que todavía no es muy conocido.

2. *El convencionalismo y el instrumentalismo*

Aun cuando Poincaré es un brillante ejemplo de la popularidad de que gozaba el proyecto de fundar la física sobre una base sensorial, la importancia histórica de este autor para la filosofía de la ciencia

entonces naciente descansa mayormente en otro dominio. Poincaré, que se consideraba a sí mismo un kantiano *sui generis*, retoma la cuestión kantiana de la naturaleza *a priori* o *a posteriori* de las leyes y de las teorías físicas, y, concluye que los principios más fundamentales de la física no constituyen regularidades obtenidas por inducción a partir de la experiencia, sino que tienen un carácter *a priori*. Sin embargo, a diferencia de Kant, afirma que este *a priori* no proviene de una supuesta necesidad trascendental, sino antes bien, de su carácter *convencional*. Las teorías físicas no son sino convenciones complejas que adoptamos para orientarnos de la manera más eficaz posible en la experiencia para organizar la masa enorme de datos que obtenemos de las observaciones y de los experimentos de laboratorio. Sin estas convenciones, estaríamos más perdidos que un bibliotecario incapaz de ordenar sus libros según el orden alfabético de autores, el orden cronológico de publicación o cualquier otro principio de orden similar. Sin embargo, estas formas de organización de los datos no reflejan verdad alguna trascendental; no pueden pretender ser la imagen de una supuesta "realidad en sí". Poincaré admite que podemos estar frente a teorías divergentes, en competencia por el mismo dominio de la experiencia; pero el criterio para decidir entre estas teorías no es saber cuál es la verdadera en sentido estricto (ni siquiera cuál es la "menos falsa"), sino más bien saber cuál de las convenciones adoptadas resulta más útil, es decir, la más simple para organizar la experiencia. La simplicidad del aparato conceptual utilizado representa el único criterio significativo para decidir entre hipótesis o teorías rivales.

El convencionalismo metodológico de Poincaré se expresa de manera particularmente clara en su interpretación de la teoría especial de la relatividad, cuyas bases él mismo contribuyó a formular. Después de la discusión en torno a la propuesta de "algunos físicos" (como él mismo dice, sin citar explícitamente a Einstein) de reemplazar la geometría euclídea tridimensional por la geometría tetradimensional de Minkowski con el fin de hacer compatibles los resultados experimentales y el principio de la relatividad de Lorentz, concluye que, incluso si esta propuesta es una nueva "convención" coherente en sí, no hay ninguna razón válida para abandonar la "antigua convención", es decir, la geometría euclídea tradicional. Llega incluso a vaticinar que la mayoría de los físicos se mantendrán fieles a esta tradición, pues es más cómoda.

Ironías de la historia, esta "predicción" metodológica de Poincaré será refutada definitivamente algunos años después de la publica-

ción de su libro. En efecto, con el auge de la teoría general de la relatividad a partir de 1916, la mayor parte de los físicos se pronuncia a favor de un tipo de geometría (riemanniana) aún más diversa de la euclídea de lo que Poincaré habría podido imaginar que se pudiera aplicar a la física. Confrontados a una alternativa –mantener la antigua y cómoda geometría euclídea al precio de tener que formular las leyes sustanciales de la física de un modo extremadamente complicado o elegir una geometría menos intuitiva pero que permita una mejor formulación de las leyes físicas–, los físicos terminaron por escoger la segunda opción. Esto no implica que Poincaré haya tomado una posición completamente errónea mostrando el elemento convencional (*a priori* pero no trascendental) inherente a toda elección de una teoría empírica. Lo que este ejemplo histórico muestra verdaderamente es que la relación entre la teoría y la experiencia (un tema central en la filosofía de la ciencia del siglo XX) es más compleja de lo que Poincaré había entrevisto. La parte de verdad de su "convencionalismo" se apoya en un hecho lógico-metodológico que Quine habría de popularizar más tarde según la fórmula de "subdeterminación de la teoría por la experiencia" (véase más adelante, capítulo 4, pp. 74-75). Su parte errónea proviene de que el principio de subdeterminación de la teoría por la experiencia no equivale a una completa libertad en la elección de teorías, en función del "gusto del consumidor". Además del criterio *local* de la adecuación de la teoría con el dominio de la experiencia que le corresponde, es necesario tomar en cuenta criterios de una naturaleza más *global*, con una función importante en la elección: entre varias teorías rivales, elegiremos aquella que es globalmente la más coherente en relación con las teorías ya establecidas. Esto proviene del hecho de que las disciplinas científicas (o al menos las ciencias físicas) funcionan de una manera *holista*: es siempre una gran familia de teorías o, quizá incluso, la física entera lo que, en última instancia, está en cuestión cuando contrastamos una determinada teoría con la observación empírica o con un experimento de laboratorio. He aquí la lección que es necesario recordar del ejemplo histórico de la teoría de la relatividad y de la adopción de la geometría riemanniana.

La naturaleza holista de la ciencia constituye una tesis central de la filosofía posterior de Quine. Pero esta tesis tiene un precursor, el también físico-filósofo Pierre Duhem (Francia, 1861-1916). Por esto la concepción holista en filosofía de la ciencia es llamada habitualmente "tesis de Duhem-Quine" –una denominación, por otra parte, un poco injusta por dos motivos: primeramente, porque el holismo

de Duhem no es tan radical como el de Quine; en segundo lugar, porque además de Duhem y Quine, hay otro gran defensor del holismo: Otto Neurath, de quien hablaremos en el próximo capítulo—.

Duhem no tuvo en esa época una gran influencia como filósofo de la ciencia. Más conocido como físico químico por sus contribuciones a la termodinámica, gran historiador de las ciencias, se le debe, entre otras cosas, la revalorización de la teoría medieval del *impetus* como anunciadora de la dinámica de Galileo. Sin embargo, Duhem no estudiaba la historia de la ciencia como "mero" historiador. Como Mach (cuya *Mechanik* había estudiado), tenía por objetivo extraer de la historia de la ciencia ideas pertinentes para una metodología general de la física. Si la gran obra historiográfica de Duhem es *Le Système du Monde* [El sistema del mundo] (cuya publicación, comenzada en 1913, se concluye bastante después de su muerte en 1959), para la filosofía de la ciencia su obra más importante es *La théorie physique, son objet, sa structure* (1906) [La teoría física, su objeto, su estructura]. Aquí es donde Duhem presenta su metodología holista, limitada a la física, porque, curiosamente, considera que la fisiología no funciona de manera holista: según él en las investigaciones fisiológicas es posible aislar una hipótesis particular y ponerla a prueba en un experimento de laboratorio, sin que se esté obligado a tener en cuenta la disciplina entera. En cambio, en el caso de la física, este método "puntual" de confrontación empírica no daría ningún buen resultado. Al examinar en detalle numerosos ejemplos de la historia de la física, Duhem muestra que, en contra de las apariencias, nunca es una hipótesis particular lo que uno pone a prueba, sino toda una red de leyes y teorías. Y si el experimento de laboratorio o la observación dieran un resultado negativo, siempre sería posible buscar otro "culpable" en el cuerpo de la disciplina y salvar así la hipótesis que uno había confrontado con la experiencia. De manera sutil, pero perfectamente real, todas las leyes y teorías de la física tienen relaciones esenciales entre ellas. Una experiencia negativa nos señala solamente que hay algo que no funciona en el cuerpo de la disciplina, pero no es posible determinar unívocamente qué es. He aquí una manera diferente, pero parecida a la de Poincaré, de argumentar a favor de la tesis de la subdeterminación de la teoría por la experiencia.

A pesar de la pertinencia del análisis de Duhem, sus contemporáneos no comprendieron su profunda importancia epistemológica, y la filosofía de la ciencia inmediatamente posterior siguió otros caminos. Fueron primeramente Neurath, a principios de los años treinta,

y posteriormente Quine, en los cincuenta, quienes darían a conocer este análisis a la comunidad de filósofos de la ciencia. Sin embargo, ellos dieron al holismo una interpretación más radical, más exhaustiva, la cual Duhem probablemente nunca habría aceptado.

Otra contribución de Duhem a la filosofía de la ciencia tiene todavía una gran influencia, se trata de la interpretación *instrumentalista* de las teorías científicas. Según esta interpretación, las teorías científicas no son verdaderas ni falsas: son sólo instrumentos para representar de la manera más eficaz posible los fenómenos que observamos, predecirlos lo mejor posible. Brevemente —para retomar una expresión de la ciencia antigua, utilizada por el propio Duhem— el objetivo de las teorías científicas es simplemente "salvar los fenómenos". Una primera forma de esta visión del papel de las teorías se encuentra en Mach y en su discípulo Hertz. No obstante, fue Duhem quien presentó los argumentos más explícitos, que se retomaron y discutieron mucho más tarde, a partir de los años setenta.

3. *Dos semillas para el futuro*

Antes de concluir este capítulo, citemos a un autor y una disciplina más. Ni uno ni otra tuvieron una verdadera influencia en el desarrollo de la filosofía de la ciencia en esta fase, pero más adelante tuvieron una gran importancia. Se trata de Charles S. Peirce (Estados Unidos, 1839-1914) y de la nueva lógica. Se suele asociar a Peirce con el pragmatismo como movimiento filosófico general, incluso si no quiso ver asimiladas sus teorías a las versiones más populares y más ideológicas que ofrecieron James u otros contemporáneos. Para marcar la diferencia, Peirce, que no carecía de cierto sentido de autoironía, tuvo que dar a su propia posición la etiqueta poco atractiva de "pragmaticismo"...

Retrospectivamente, el pensamiento de Peirce es significativo no sólo para la filosofía de la ciencia, sino también para la lógica y la filosofía del lenguaje. Desgraciadamente, su estilo difícil y un tanto caótico, su terminología oscura y ciertos rasgos de su personalidad constituyeron un verdadero obstáculo para la difusión de su obra en la comunidad epistemológica de la época. Los grandes ejes de la epistemología de Peirce eran los siguientes: (1) la tesis según la cual el sentido de una hipótesis científica depende simplemente de las situaciones empíricas a las cuales queremos someterla, de suerte que si somos incapaces de indicar efectivamente las situaciones concretas dadas las cuales la hipótesis sería verdadera o falsa, la hipótesis

en cuestión no tiene sentido; (2) el principio metodológico con base en el cual el método más auténtico de las ciencias empíricas no es la inducción (como se pensaba entonces) ni la deducción (como se pensaría posteriormente), sino más bien una tercera forma de inferencia, que Peirce llama "abducción": confrontados con hechos particulares que queremos explicar o predecir, debemos buscar la hipótesis general más simple de la cual puedan ser deducidos los hechos en cuestión –en la literatura epistemológica ulterior se hablará de la "inferencia a la mejor explicación posible"–; (3) la visión de la ciencia en su totalidad como empresa colectiva en evolución constante, *convergente* hacia una teoría global final (que no se puede suponer que sea alcanzada algún día, pero cuya existencia es supuesta como *principio regulador*), no pudiéndose definir la verdad científica más que en relación a esta teoría final.

La otra "semilla" para el futuro que quiero mencionar, la nueva lógica matemática en sentido amplio, fue creada al mismo tiempo que la moderna filosofía de la ciencia, es decir, durante el último cuarto del siglo XIX y principios del XX. Sin embargo, curiosamente, la intersección entre las dos disciplinas es casi nula durante esta primera fase. Sin duda se reconoció debidamente el impacto revolucionario de los trabajos de Gottlob Frege (Alemania, 1848–1925) sobre la lógica formal y los fundamentos de la aritmética, de David Hilbert (Alemania, 1862–1943) sobre los fundamentos de la geometría y sobre la axiomática general, de Georg Cantor (Rusia/Alemania, 1845–1918) y de Ernst Zermelo (Alemania, 1871–1953) sobre la teoría de conjuntos, o aun de Bertrand Russell y de Alfred N. Whitehead sobre el programa logicista, por mencionar sólo algunos autores famosos; pero los resultados de estos trabajos apenas tuvieron influencia en la filosofía de la ciencia de la época. El primer encuentro, aún tímido, entre las dos disciplinas se produjo en la ya citada obra de Russell, *Our Knowledge of the External World*, que corresponde al periodo de transición entre la primera y la segunda fase de la historia de la filosofía de la ciencia. La importancia de la lógica y, más comúnmente, de los métodos formales del análisis para los fundamentos de las ciencias *empíricas* será reconocida a partir de los años veinte. Este giro resultará decisivo para la constitución de la nueva filosofía de la ciencia no tanto desde el punto de vista de los contenidos como desde el punto de vista del método de investigación adoptado. Y así entramos ya en la fase siguiente.

3

FASE DE ECLOSIÓN (1918-1935)

1. *Una excepción francesa*

Como toda clasificación historiográfica de este género, la partición en cinco fases que he propuesto para delinear la evolución de la filosofía de la ciencia en el siglo XX, no debe tomarse al pie de la letra: admite todas las excepciones y matices posibles, aunque sin importancia en una primera aproximación. Sin embargo, y antes de analizar la segunda fase del desarrollo de nuestra disciplina, que he llamado fase de eclosión, debemos mencionar una excepción demasiado importante para ser ignorada: la evolución de la epistemología en lengua francesa. En efecto, la periodización en cinco fases que hemos establecido corresponde al desarrollo de nuestra disciplina en los países de Europa central, los países anglosajones y nórdicos y, en cierta medida, en otros países de Europa y América. Pero la epistemología francesa que, en la primera fase, pertenece aún a la misma "comunidad de intereses", toma, a partir de los años treinta, un camino que le es propio y permanecerá independiente casi hasta nuestros días. No nos atrevemos a aventurarnos en una especulación sobre los orígenes de este ejemplo prominente de "excepción cultural francesa"; a lo sumo constatamos que a diferencia de los otros países mencionados, la incidencia de la nueva lógica y de los métodos formales de análisis sobre la reflexión metacientífica fue prácticamente nula en Francia y que, en cambio, una perspectiva decididamente histórica, incluso historicista, se impuso. Es cierto que durante el periodo de entreguerras, brillantes pensadores franceses participaron en la corriente general de la filosofía de la ciencia de la época. Los dos ejemplos más representativos son probablemente Jean Nicod y Jean Cavaillès, que conocían muy bien los desarrollos

contemporáneos de la lógica y su aplicación a problemas epistemológicos. Fallecidos prematuramente, no hicieron propiamente escuela y su influencia resultó mucho menos importante que la de Gaston Bachelard o Georges Canguilhem, por citar sólo dos figuras significativas de la epistemología francesa a partir de los años treinta. En cualquier caso, si aceptamos la "definición institucional" de la filosofía de la ciencia propuesta en el prólogo, podemos constatar que, a partir de los años treinta, la reflexión filosófica en lengua francesa sobre la ciencia se encuentra prácticamente desligada del *mainstream* de nuestra disciplina. Por este motivo, trataré aquí muy brevemente —en una especie de paréntesis histórico que no puede ser integrado en mi esquema de fases— los rasgos, a mi juicio, más característicos de la epistemología francesa desde 1930 hasta fines del siglo XX.

El rasgo más característico de las obras de los filósofos de la ciencia franceses a partir de esta época reside en el hecho de que en lugar del análisis lógico-metodológico de las teorías científicas, la perspectiva histórica tiene una función primordial (una tendencia que se inició con Duhem), no solamente en el sentido de una visión histórica global de la ciencia, sino también, y sobre todo, en el sentido de una mayor importancia de los estudios de casos particulares de ideas científicas. A veces resulta casi imposible saber, en este tipo de obras, si nos hallamos frente a un análisis filosófico o a un análisis puramente historiográfico. Hay que añadir, además, el hecho de que los criterios de evaluación de la pertinencia de estos análisis difieren, en Francia, de los aplicados paralelamente por la filosofía de la ciencia en otros países: en el caso de Francia, se toman en cuenta principalmente las cualidades literarias de un ensayo acerca de un aspecto particular de la ciencia —en el que cierta intuición se transmite al lector de manera más o menos brillante—, y no el rigor conceptual y metodológico del análisis. Asimismo, se constata un uso muy extendido (a veces incluso abusivo) del lenguaje metafórico.

El ejemplo más paradigmático de esta manera de entender la tarea del filósofo de la ciencia lo constituye Gaston Bachelard (Francia, 1884–1962). Este autor, de perfil biográfico original (químico, filósofo, poeta y aun un muy respetable empleado de correos), se hizo muy popular, sobre todo desde la aparición de *La psychanalyse du feu* (1938) [El psicoanálisis del fuego]. En esta obra, cuyo contenido la hace difícil de clasificar, se confronta al lector con una combinación de conocimientos históricos profundos sobre la época premoderna de la ciencia, intuiciones poéticas y especulaciones fi-

losóficas generales –el conjunto, presentado en un estilo brillante, pero de rigor argumentativo discutible–. Sus obras más próximas a la tradición de la filosofía de la ciencia, tal y como había emergido a finales del siglo XIX, son, sin duda, *Le Nouvel Esprit scientifique* (1932) [El nuevo espíritu científico], centrada en la importancia filosófica del nuevo indeterminismo en la microfísica, y sobre todo *La Formation de l'Esprit scientifique* (1938) [La formación del espíritu científico]. La tesis epistemológica más importante de Bachelard es quizá su reinterpretación del espíritu de la ciencia moderna, y más particularmente de su aspecto *experimental*: para él, el gran valor del nuevo método experimental reside en su ruptura radical con el sentido común. Apoyándose en un gran número de ejemplos históricos, Bachelard intenta mostrar que las intuiciones y generalizaciones del sentido común, o aun las especulaciones seudocientíficas fáciles, siempre han representado un obstáculo para el desarrollo del verdadero espíritu científico, el cual, en cierta medida, no puede ser sino "insensato".

La tendencia de la epistemología francesa hacia una perspectiva puramente histórica se acentúa aún en algunos de los autores que sucedieron inmediatamente a Bachelard. Los dos ejemplos más significativos son probablemente Alexandre Koyré (Rusia/Francia, 1892-1964) y Georges Canguilhem (Francia, 1904–1995). En sus estudios de la obra de Galileo y Newton, Koyré defiende una interpretación "platonizante" de los orígenes de la ciencia moderna: el rasgo esencial de ésta no reside en la experimentación (como se había supuesto hasta entonces), sino más bien en el espíritu matemático "platónico" –una tesis que habría de ser discutida enérgicamente por los historiadores de la ciencia y que continúa suscitando controversias–.

Canguilhem, por su parte, siguiendo un camino que nos recuerda el de Bachelard, se interesa por los aspectos ideológicos de las ciencias de la vida (biología, medicina) en el curso de la historia y en sus interacciones con las ideas filosóficas generales que les son contemporáneas. Su obra más importante es, sin duda, *Le Normal et le pathologique* [Lo normal y lo patológico] (1943, reeditada en 1962), situada en la encrucijada entre medicina teórica, historia y filosofía de la medicina. Canguilhem defiende ahí una especie de holismo organicista y se declara abiertamente antireduccionista con respecto a las ciencias de la vida –una posición que mantendrá en sus reflexiones ulteriores–.

Canguilhem es probablemente el epistemólogo más influyente en la reflexión francesa sobre la ciencia de la segunda mitad del si-

glo XX. Michel Foucault (Francia, 1926-1984), sin duda su discípulo más conocido, al menos en la primera fase de su obra (*Naissance de la clinique* (1963) [El nacimiento de la clínica]), continúa, tanto en la temática como en la metodología, el proyecto de un análisis filosófico-crítico de la medicina desde una perspectiva esencialmente diacrónica. Incluso en las generaciones más recientes de epistemólogos franceses, la influencia de Canguilhem parece ineludible. Podemos citar, entre otros, a Anne Fagot-Largeault y a Claude Debru, que han tomado también las ciencias de la vida, en su dimensión histórica, como objeto principal de sus análisis críticos.

Este resumen, altamente sintético, de la evolución de la filosofía de la ciencia francesa tras la Segunda Guerra Mundial no debe llevarnos a pensar que constituye un "bloque homogéneo historicista". No sólo porque existen diferencias de concepción bastante importantes entre los autores citados, sino también porque, en el periodo considerado, ciertos filósofos franceses, sin abandonar la perspectiva histórica, llevaron a cabo estudios lógico-metodológicos de la ciencia en un espíritu más "sincrónico" e intentaron establecer un puente entre los temas abordados por la epistemología francesa y la filosofía de la ciencia surgida del positivismo lógico (véase este capítulo, pp. 74 y ss.). Los dos ejemplos más significativos son, sin duda, Jules Vuillemin (Francia, 1920-2001), que contribuyó enormemente a la recepción del pensamiento de Rudolf Carnap en Francia a partir de los años sesenta y, sobre todo, Gilles-Gaston Granger (Francia, nacido en 1920), autor de un gran número de obras epistemológicas, de las cuales la más importante es probablemente *Pensée formelle et science de l'homme* (1960) [Pensamiento formal y ciencia del hombre]. Gran conocedor de disciplinas tan diversas como las matemáticas, la física, la economía, la psicología y la lingüística, Granger propugna una "epistemología comparativa", es decir, plural (mas no fragmentada), cuyo centro sigue estando anclado, a pesar de todo, en las formas matemáticas.

Dicho esto y reconociendo su justo valor a estas "excepciones dentro de la excepción epistemológica francesa" para las sucesivas generaciones de epistemólogos franceses después de 1930, la concentración del interés en torno a cuestiones principalmente históricas está tan presente que se puede calificar la filosofía de la ciencia francesa en general, casi hasta fines del siglo XX, de *historia(s) de la ciencia puesta(s) en relación con ideas filosóficas*, y no de filosofía de la ciencia en el sentido en que la entendemos aquí. Si bien la filosofía de la ciencia no francófona, sobre todo la anglosajona, pasó tam-

bién –como veremos en el capítulo 5– por una etapa "historicista", resulta notable que no haya habido casi ninguna influencia mutua entre los dos historicismos, exceptuando la fuente de inspiración que los trabajos de Koyré supusieron para algunos aspectos del pensamiento de Thomas Kuhn, el representante más emblemático del historicismo anglosajón. Esta falta general de interacción entre dos tendencias que tienen en común situar la perspectiva diacrónica en el centro de la reflexión filosófica sobre la ciencia se debe quizá a que la fase "historicista" de la filosofía de la ciencia que examinaremos más adelante puede ser calificada, en razón de su objetivo y su método, de "filosofía historicista de las ciencias", lo que es muy distinto a una "historia filosófica de las ciencias", denominación que sería más apropiada para la epistemología francesa contemporánea.

2. *El papel de la lógica formal*

La reflexión filosófica sobre la ciencia en los países de Europa y América, donde la nueva filosofía de la ciencia comienza a implantarse de una manera más o menos institucional después de la Primera Guerra Mundial, toma un camino radicalmente diferente de la vía francesa: se interesa mucho menos en la perspectiva histórica y se preocupa mucho más por fundar rigurosamente el conocimiento científico y –para tomar prestada una terminología que, aunque anacrónica, está extendida hoy en día– producir una modelización formal de las teorías y de los métodos científicos. El elemento clave para comprender las características de esta nueva fase es, sin duda, el impacto que la nueva lógica formal o la lógica matemática tuvo sobre los filósofos de la ciencia contemporáneos; de una manera más general, uno puede inscribir esta fase en la tradición de lo que es corriente llamar el "giro lingüístico" (*linguistic turn*) que la filosofía había emprendido a comienzos del siglo en el Reino Unido con el método filosófico de G.E. Moore y de Bertrand Russell, este último inspirado por la obra de Gottlob Frege. La expresión más radical de este giro lingüístico se halla en el *Tractatus logico-philosophicus* (1922) de Ludwig Wittgenstein (Austria, 1889-1951), en el que se puede leer "toda filosofía es crítica del lenguaje" (§ 4.0031). Si esta declaración es válida para la filosofía en general, esto implica para la filosofía de la ciencia en particular que se va a convertir en un análisis crítico del lenguaje de la ciencia. Justamente la herramienta que permite realizar este análisis de la manera más eficaz y controlada posible es la nueva lógica (incluyendo algunas disciplinas fundamentales de las matemáticas, tales como la teoría de conjuntos y la teoría

de la prueba, que en esa época no se distinguían mucho de la lógica). De ahí se comprende que el esfuerzo emprendido para aplicar de una manera sistemática los nuevos métodos formales a la reconstrucción del lenguaje científico, para hacer de él un lenguaje "ideal" depurado de toda confusión y perfectamente controlado, ocupe un lugar eminente en esta fase de la historia de nuestra disciplina.

Además, el presupuesto metodológico implicaba que la aplicación de los métodos formales debía permitir esclarecer no solamente los fundamentos conceptuales y metodológicos del conocimiento científico, sino al mismo tiempo alcanzar de una vez por todas el objetivo que Mach y sus contemporáneos se habían fijado: "purificar" las ciencias de todo tipo de metafísica. Por consiguiente, la formalización del lenguaje científico debía hacer posible la detección de porciones de lenguaje ordinario que todavía estaban impregnadas de términos y enunciados que el análisis formal revela como vacíos de sentido, justamente debido a su naturaleza metafísica.

3. *El Círculo de Viena*

Con la distancia que nos permite la perspectiva actual, esta nueva manera de comprender la tarea y el método de la filosofía de la ciencia al mismo tiempo (y, de hecho, de la filosofía *tout court*), puede describirse como una verdadera revolución, como un "cambio de paradigma", haciendo uso de la expresión que Thomas Kuhn haría popular algunos decenios más tarde. El epicentro de esta revolución se encuentra en la Viena de los años veinte, con "centros secundarios" importantes situados en Berlín, Varsovia, Lvov, Cambridge, Oxford y aun en los países nórdicos y en Estados Unidos. Se trata de un movimiento intelectual muy vasto, habitualmente conocido como *positivismo lógico*. No todos los protagonistas de este movimiento aceptaron esta denominación; algunos prefirieron la expresión "empirismo lógico" o aun, cuando se trataba únicamente de la metodología de las ciencias empíricas, el término de "operacionalismo". Por motivos de conveniencia, nos ceñiremos al uso del término más conocido de "positivismo lógico", pues señala los dos elementos esenciales de la nueva concepción de la filosofía de la ciencia: primeramente, se trata en efecto de un *positivismo*, en el sentido de un rechazo radical de toda forma de metafísica más o menos "oculta" y de un énfasis puesto en las ciencias como única fuente legítima de conocimiento; pero también se trata, a diferencia del "viejo" positivismo, de un positivismo *lógico* en la medida en que el contenido de todo conocimiento auténtico debe ser, en principio,

"codificado" sistemáticamente en un lenguaje "ideal", determinado por las reglas de la lógica formal, el cual había de permitir el máximo de precisión y de control sobre los enunciados científicos.

No es por casualidad que Viena sea el lugar donde este movimiento revolucionario se exprese con más fuerza. Recordemos que precisamente en la Universidad de Viena se creó la primera cátedra de filosofía de la ciencia, una cátedra inicialmente ocupada por el "positivista" Ernst Mach y, algunos años más tarde, por Moritz Schlick (Alemania, 1882–1936). Este pensador ocupa un lugar de primer orden en la consolidación del positivismo lógico y de la filosofía de la ciencia en general. En 1918, Schlick publica su primera gran obra, *Allgemeine Erkenntnislehre* [Teoría general del conocimiento], que, por su forma y contenido, se encuentra a caballo entre la fase de germinación y la fase de eclosión de la filosofía de la ciencia. Schlick no aplica todavía de una manera sistemática los métodos de la nueva lógica, pero la orientación general de su pensamiento prefigura lo que vendrá a ser el positivismo lógico. Su principal preocupación es la fundación filosóficamente sólida del conocimiento científico, sobre todo de la física, que parecía estar en una crisis conceptual con la aparición de la teoría de la relatividad —una teoría que él conocía bien siendo físico—. Para él, en toda teoría física, hay que distinguir claramente entre lo que corresponde a su aparato formal-analítico lo que corresponde a su contenido sintético, que siempre es empírico. Preconizando una tesis epistemológica que se convertirá luego en uno de los pilares del positivismo lógico, Schlick contradice a Kant postulando que "analítico" equivale a "*a priori*", mientras que "sintético" equivale a "*a posteriori*"; no hay lugar en el conocimiento científico para elementos supuestamente *sintéticos a priori*. Para Schlick, como para los otros miembros del Círculo de Viena y las corrientes próximas, los enunciados "analíticos" coinciden con los de la lógica y las matemáticas (o incluso sólo de la lógica, si presuponemos, como era frecuente en la época, que las matemáticas son reducibles a la lógica), mientras que los enunciados "sintéticos" son todos, sin excepción, empíricos. Existe una separación absoluta entre los componentes analíticos *a priori* y los componentes sintético-empíricos en las teorías científicas. Este postulado fundamental del positivismo lógico será puesto en tela de juicio por Quine en los años cincuenta (véase el capítulo 4), pero hoy en día sigue desempeñando un papel importante, explícito o implícito, en muchas discusiones.

La importancia de Schlick reside también en su papel de gran organizador de un marco de discusión apropiado para la nueva disci-

plina. Como ya se ha indicado en el primer capítulo, en 1928 se creó la Asociación Ernst Mach con Schlick como presidente, reuniendo a filósofos que tenían una formación científica y a científicos que tenían intereses filosóficos, quienes regularmente se encontraban para discutir todo tipo de cuestiones filosóficas con un espíritu científico. De una manera menos oficial, la mayor parte de los miembros de esta asociación constituyeron, a partir de 1929, el Círculo de Viena –centro internacionalmente reconocido del positivismo lógico–. Este Círculo no tenía como objetivo únicamente una renovación de la filosofía de la ciencia mediante la aplicación de la lógica formal; sus ambiciones iban mucho más lejos: se trataba de constituir una *Weltauffassung*, una concepción del mundo completamente nueva, liberada de todas las confusiones y todos los dogmatismos de un pasado metafísico –la "concepción científica del mundo", tal y como aparecía en el título del Manifiesto del Círculo que tres de sus miembros, Neurath, Carnap y Hahn, publicaron en 1929 en homenaje a Schlick–. En 1930, los miembros del Círculo, en colaboración con un grupo de la misma orientación constituido en Berlín en torno a Hans Reichenbach, publican su propia revista, *Erkenntnis*, que se publica todavía en la actualidad (después de una larga interrupción debida a la Segunda Guerra Mundial y la posguerra). No es posible detallar aquí todas las posiciones tomadas por el Círculo de Viena, que van más allá de la filosofía de la ciencia y cubren no solamente temas más o menos tradicionales de la filosofía, sino que también incidieron sobre las nuevas corrientes artísticas (el movimiento del Bauhaus, por ejemplo), sobre proyectos de reforma pedagógica en los países germánicos o aun sobre el programa socialdemócrata.

Desde el punto de vista de la filosofía de la ciencia, Rudolf Carnap (Alemania, 1891-1970) es, sin duda, el miembro del Círculo de Viena más notable por la influencia que ejerció a la vez en sus contemporáneos y sobre las generaciones siguientes. Gracias a los esfuerzos de Schlick, Carnap obtuvo una cátedra en Viena en 1926 y, en 1928, publicó la obra más representativa de este periodo, *Der logische Aufbau der Welt* [La construcción lógica del mundo]. Su contenido es tan complejo y variado que resulta difícil de clasificar desde el punto de vista de la teoría de las ideas. No es un tratado de filosofía de la ciencia en el sentido actual. Ciertamente, contiene numerosos elementos que contribuyeron de una manera decisiva a la discusión ulterior de nuestra disciplina, más desde el punto de vista del método que del contenido, pero se trata sobre todo del primer ensayo

sistemático de modelización matemática del conocimiento humano (el conocimiento científico incluido). Su título es un poco desconcertante. Más que "La construcción lógica del mundo", se tendría que haber titulado "La construcción lógica de los conceptos del conocimiento empírico". Carnap pretende alcanzar el mismo objetivo que muchos filósofos de la ciencia antes que él (especialmente Mach y sus sucesores –*cfr.* capítulo 2, pp. 19-20–): llegar a la unificación conceptual de los conocimientos empíricos a partir de datos sensoriales, purificándolos de toda metafísica. Sin embargo, el método empleado por Carnap para alcanzar este objetivo es revolucionario: se trata de la aplicación de la lógica formal, de la teoría de conjuntos y de la topología a la construcción de conceptos de niveles sucesivos, un poco a la manera de la teoría de los tipos que Russell había aplicado a los fundamentos de la matemática. El único precedente metodológico, si bien menos desarrollado, que podía orientar a Carnap en este contexto es el proyecto de construcciones formales sugerido por el mismo Russell en *Our Knowledge of the External World*. De hecho, con la honestidad intelectual que siempre caracterizó su desarrollo filosófico, Carnap hablaría más tarde en su Autobiografía intelectual de la profunda impresión que la lectura de Russell le dejó entonces, cuando estaba en sus inicios filosóficos. Carnap realizó efectivamente, con una tenacidad admirable, una gran parte del programa que Russell no había sino esbozado.

El "mundo conceptual" de *Der logische Aufbau der Welt*, de Carnap, se compone de un inmenso edificio construido sobre cuatro pisos perfectamente diferenciados: los fundamentos se constituyen por lo que Carnap llama "la base del psiquismo propio" (*die eigenpsychische Basis*), es decir, los conceptos que se refieren a experiencias sensoriales de un sujeto de percepción; el segundo piso está reservado a los conceptos de la física; el tercero corresponde a los conceptos psicológicos en general (intersubjetivos); el último culmina con los conceptos de las ciencias de la cultura. Cada uno de estos pisos se divide, a su vez, en varios niveles. Se pasa de cada uno de estos niveles al siguiente utilizando únicamente métodos formales de construcción (esencialmente, la definición de un conjunto cualquiera partiendo de sus elementos y de relaciones entre ellos –al igual que en las matemáticas se construyen los números racionales a partir de los enteros, los números reales a partir de los racionales, etc.–). Los elementos de base del edificio carnapiano pueden ser identificados (desde el punto de vista intuitivo, presistemático) recurriendo a lo que Carnap llama las "vivencias globales" de un sujeto de percep-

ción en un instante dado. (Hay que señalar que el sujeto mismo, en tanto que entidad identificable, no está todavía presupuesto en este nivel: será construido mucho más tarde en un nivel superior del edificio –de ahí el principio de "solipsismo sin sujeto" con el cual Carnap caracteriza su procedimiento)–. Partiendo de estas experiencias de base y de una sola relación entre ellas (el "recuerdo de semejanza"), Carnap construye paso a paso, por un particular método recursivo al que llama "cuasianálisis", el resto de conceptos esenciales del mundo fenoménico: las cualidades, los colores, los lugares visuales, los sentidos, etc. Enseguida viene un "salto" al piso siguiente, el mundo físico, donde Carnap ya no logra aplicar métodos tan rigurosos como el "cuasianálisis", sino sólo métodos semiformales de correlación (hoy en día se hablaría de la construcción de un *homomorfismo*). De manera aún menos formal, pero de todos modos sistemática, se pasa del mundo físico al de la psicología intersubjetiva y finalmente al dominio de las nociones culturales. El procedimiento de Carnap se caracteriza por una precisión muy superior a todo lo que había sido emprendido hasta entonces en este ámbito.

Por el enfoque epistemológico que adopta, la construcción carnapiana es *fenomenista*[1] y, por su toma de posición metodológica, es *reduccionista*. El primer calificativo significa que para Carnap (como para Mach, James, Russell, Poincaré y tantos otros) el fundamento último de todos los conceptos científicos, hasta los más abstractos de la física teórica, se compone de experiencias sensoriales (principalmente visuales) de un "observador". No obstante, a diferencia de sus predecesores, Carnap no toma los datos sensoriales aislados y puntuales como base, sino más bien una "corriente global de vivencias". Por otra parte, quiere demostrar que todos los conceptos científicos pueden ser definidos formalmente (a través de cadenas de definición largas y complejas, que siempre tienen la forma de equivalencias lógicas) a partir de una base única de conceptos primitivos –de ahí su "reduccionismo"–. Con la publicación de su libro, Carnap es víctima de críticas suscitadas por los dos componentes de su sistema –críticas que, en muchos casos, se revelaron como pertinentes–. Sin embargo, las construcciones carnapianas han probado de una vez por todas (aparte de la cuestión del objetivo perseguido) que se podía llegar a resultados muy interesantes aplicando

[1] Traduzco "fenomenista" y "fenomenismo" en lugar de, como algunas veces se hace, por influencia del inglés, "fenomenalista" y "fenomenalismo", por considerar que es lo más correcto. [N. del t.]

los métodos formales a cuestiones epistemológicas fundamentales. En este sentido, *Der logische Aufbau der Welt* de Carnap se convirtió en un paradigma para la formalización en filosofía de la ciencia.

El tema de la unificación de las ciencias empíricas, que acompaña el surgimiento de la filosofía de la ciencia en sus inicios, aparece por supuesto en la obra de Carnap; sin embargo, aquí se trata principalmente de la unificación de las ciencias en un único marco de conceptos y no de la unificación de los métodos o de los principios. En efecto, un marco conceptual unificado difiere de una metodología unificada para establecer un sistema único de verdades científicas. Si bien existe una relación entre las dos cuestiones (la primera es el presupuesto de la segunda), son, no obstante, diferentes. La segunda problemática es la que Carnap mismo y otros miembros del Círculo de Viena retomarían a partir de los años treinta en una serie de ensayos, la mayor parte de los cuales se publicaron en la revista *Erkenntnis*. Simplificándola un poco, podemos formularla de la manera siguiente: ¿cuál es el método apropiado (y si es posible, universalmente aplicable) para *justificar* los enunciados científicos (sea cual sea la disciplina en la que figuran)? La discusión que surge en torno de esta cuestión es conocida en la historia de la filosofía de la ciencia como el debate de los "enunciados protocolares", y tendrá una gran influencia en la ruta tomada ulteriormente por la disciplina.

La idea inicial era que los enunciados (hipótesis, leyes, principios fundamentales) de teorías científicas diversas, es decir, los enunciados *teóricos*, tenían que poder fundarse sobre un conjunto de enunciados de base que, por un lado, no presuponían las teorías en cuestión (en caso contrario, se caería en un círculo vicioso) y que, por otro, estaban lo más cerca posible de la experiencia sensorial (puesto que, si queremos evitar la trampa de la metafísica, debemos admitir que la experiencia sensorial representa la única base de un conocimiento auténtico). Al comienzo del debate, estos enunciados fueron llamados "enunciados protocolares", porque, por su forma lógica, debían recordar los *protocolos* que un científico experimental formula cuando pone a prueba una hipótesis teórica cualquiera en el laboratorio, después de haber efectuado algunas observaciones o experimentos. De hecho, se pensaba que los verdaderos protocolos de la práctica científica no eran más que una versión aún no formalizada de los enunciados básicos en una representación ideal de la ciencia. Se consideraba que los enunciados protocolares justificaban todos los demás enunciados científicos según un principio metodológico universal establecido por Carnap y Schlick en esta época: el

principio de verificabilidad. Éstos tomaron el principio (o lo reinterpretaron, si se quiere, pues Peirce ya había sugerido antes la idea) de una tesis central del *Tractatus* de Wittgenstein –a saber, que el sentido de un enunciado cualquiera no es otro que sus condiciones de verificación, es decir, las condiciones que establecemos para determinar si el enunciado en cuestión es verdadero o falso–. Si somos incapaces de indicar las condiciones de verificación de un enunciado, se trata de un "seudoenunciado", que carece de sentido a pesar de las apariencias: se convierte en "metafísica pura".

Ahora bien, para Carnap, los criterios de verificación de una hipótesis teórica están constituidos, en última instancia, por el conjunto de los enunciados protocolares que se pueden deducir a partir de ella. Así, por ejemplo, la hipótesis "una corriente de electrones circula por este cable", que es teórica, puesto que no podemos ver ni tocar los electrones, queda justificada y pasa a adquirir verdadero sentido a partir del momento en que podemos considerar un conjunto de enunciados protocolares derivables de ella por vías más o menos indirectas: por ejemplo, "si conectamos el cable aquí, veremos un punto luminoso allá abajo", o "si tocamos el cable, tendremos una sensación de quemadura en los dedos", etc. A partir del principio de verificabilidad de Carnap, un enunciado teórico cualquiera *T* es verificado si y sólo si podemos indicar una combinación lógica de un cierto número de enunciados protocolares que son verdaderos y en su conjunto equivalentes a *T*; si descubrimos que esta combinación de protocolos es falsa, *T* es falsa; y si no podemos indicar una combinación tal de enunciados protocolares de este tipo, debemos concluir que el enunciado teórico propuesto carece de significado, tratándose, pues, de un pseudoenunciado y, por consecuencia, que debe ser eliminado del discurso científico.

Si admitimos el principio de verificabilidad, disponemos de un método universal y uniforme para justificar los enunciados teóricos de cualquier disciplina gracias a los enunciados protocolares. Por su naturaleza, estos enunciados preceden, desde una perspectiva epistemológica, a una disciplina o a una teoría cualquiera. No obstante, una vez llegados a este punto, debemos plantear la cuestión: ¿cómo justificamos los enunciados protocolares mismos? Fue en torno a esta cuestión que estalló el famoso "debate de los enunciados protocolares" en los años treinta. Dos posiciones antagónicas se perfilaron entonces: por un lado, una posición que se puede calificar de *fundacionista*,[2] más o menos asociada al *fenomenismo* y, por

[2] Traduzco por "fundacionista" y "fundacionismo" lo que algunas veces se tra-

otro, una posición más bien coherentista y dedicidamente *fisicista*.[3] Los protagonistas de la primera fueron Schlick y Carnap; los de la segunda, Carnap en un segundo momento, Neurath y, en cierto sentido, Popper. Según los fundacionistas, los enunciados protocolares fundan el conocimiento científico, pero, en sí mismos, no son susceptibles de ser fundados. Son irrevocables porque expresan una experiencia inmediata del sujeto de percepción de la que éste no puede dudar. He ahí por qué representan el fundamento absoluto de la ciencia. No hay nada más debajo, salvo la experiencia subjetiva inmediata.

El problema evidente que presenta esta concepción del fundamento del conocimiento científico es que no da cuenta del carácter esencialmente *intersubjetivo* que se considera tiene este tipo de conocimiento. Sea cual sea la caracterización ulterior de la ciencia, debe ser primeramente concebida como una empresa colectiva y, por tanto, intersubjetiva. Carnap intentó responder a esta dificultad utilizando una idea que había sido esbozada ya en el *Aufbau*: lo que cuenta para el conocimiento científico no es el contenido particular de los enunciados, que puede ser tan subjetivo como se quiera, sino su *estructura*. Si un sujeto establece un protocolo enunciando, por ejemplo, "veo un punto luminoso rojo mientras que siento una quemadura en los dedos", y otro sujeto establece su protocolo en los mismos términos, poco importa que el contenido de los términos "rojo" y "quemadura" sea completamente diferente, por subjetivo, para los dos sujetos, si la estructura de los protocolos es la misma. Durante esta fase de su pensamiento, lo mismo que en el *Aufbau*, Carnap adopta un punto de vista claramente *estructuralista* de la naturaleza de la ciencia.

Para Otto Neurath (Austria, 1882-1945), al contrario, la idea de un lenguaje con contenidos subjetivos, incluso si uno establece una isomorfía estructural entre sus enunciados, no tiene ningún papel que desempeñar en los fundamentos del conocimiento científico. La noción misma de lenguaje subjetivo carece de sentido, ya que todo tipo de lenguaje es, por naturaleza, intersubjetivo: aprendemos las palabras que empleamos, incluidas palabras tan ligadas a la experiencia como "rojo" o "quemadura", en el curso de un proceso

duce como "fundamentista" y "fundamentismo" y, por influencia del inglés, como "fundacionalista" y "fundacionalismo" o, peor aún, como "fundamentalista" y "fundamentalismo". [N. del t.]

[3] Traduzco mejor por "fisicista" y "fisicismo" los términos más extendidos, por influencia del inglés, de "fisicalista" y "fisicalismo". [N. del t.]

social de interacción con otros individuos. Por tanto, Neurath propone que uno tome como protocolos enunciados expresados en un lenguaje puramente *fisicista*, es decir, en un lenguaje en el que los términos más primitivos se refieren ya a objetos físicos macroscópicos, tales como mesas, cables, agujas, etc. Estos enunciados protocolares fisicistas deben ser formulados de una manera estándar, comprensible para todo el mundo, y que represente una idealización de los protocolos realizados en el laboratorio. En cuanto tales, no son irrevocables y no pueden presentarse como fundamento *absoluto* del conocimiento.

La dificultad aparente de la posición de Neurath, a su vez, consiste en el hecho de que, si los protocolos del lenguaje fisicista no son irrevocables, haría falta, para que fueran aceptables, que diésemos alguna justificación de ellos. Pero, puesto que, por definición, son éstos los que a fin de cuentas deben justificar todos los demás enunciados de la ciencia, parece que estamos condenados a un círculo vicioso o bien a un *regressus ad infinitum*. Por supuesto, Neurath comprendió esta dificultad, pero pretendía evitarla tomando una posición coherentista: la justificación de los enunciados protocolares no se hará nunca a título individual, sino que deberá ser colectiva: sólo tomándolos en un conjunto coherente podrán pasar a ser fundamento del conocimiento científico.

Neurath convenció a Carnap (pero no a Schlick) de las ventajas metodológicas del fisicismo. No obstante, Carnap fue todavía más lejos. En efecto, si los enunciados protocolares no gozan de ningún privilegio absoluto, puesto que no están más cerca de la certidumbre que los otros, entonces no hay motivo para atribuirles una función epistemológica particular. La idea misma de enunciado protocolar se vuelve obsoleta. A partir de esta fase del debate, sus protagonistas no utilizaron más el término de "enunciado protocolar" y se limitaron a hablar de "enunciados básicos" o "*enunciados observacionales*", como aquellos que son aceptados en cierto momento por la comunidad científica para poner a prueba una hipótesis científica teórica cualquiera. Lo que se espera de ellos, desde un punto de vista epistemológico más bien vago, es que correspondan de una u otra forma a observaciones, validadas de forma intersubjetiva, de algunos eventos u objetos físicos.

Lo que resulta importante para Neurath, Carnap y otros miembros del Círculo de Viena, es que estos enunciados básicos son universales, interdisciplinarios y comprensibles por todos. Como Neurath tuvo la ocasión de decir, deben tener un sentido claro

"incluso para un chofer de taxi" con el que uno llegue a discutir –suponiendo, obviamente, que el vocabulario del chofer de taxi en cuestión no haya sido previamente contaminado por la metafísica de Hegel o de Heidegger (lo que, crean ustedes según mi propia experiencia, puede muy bien suceder)–. Sea como sea, Neurath propuso, al final del debate sobre los enunciados protocolares, la reconstrucción del lenguaje apropiado para todas las ciencias en una "jerga" universal, una especie de esperanto depurado de toda metafísica y comprensible incluso para personas sin formación científica, que de esta forma podrían controlar fácilmente las afirmaciones de los científicos y evitar ser engañados. Esta propuesta revela un fuerte componente social. Para algunos miembros del Círculo de Viena y, sobre todo, para Neurath, el fondo de estos debates más o menos técnicos estaba marcado no sólo por preocupaciones epistemológicas y metodológicas, sino también por una motivación sociopedagógica muy fuerte. No es un azar histórico que, justo después del Congreso de filosofía de la ciencia que se celebró en París en 1935, Neurath, Carnap y los demás integrantes concibieran la idea de una "Enciclopedia de la Ciencia Unificada"; su publicación debía comenzar poco después bajo la dirección de Neurath. Esta enciclopedia tenía por objetivo la unificación de todas las ciencias, no por sus contenidos específicos, sino por el lenguaje básico común, esa "jerga" universal a la que nos acabamos de referir, y que justamente debía ser aprendida por todos los ciudadanos que perteneciesen a la misma "concepción científica del mundo".

La concepción de la reconstrucción del conocimiento científico propagada por el Círculo de Viena y por otros grupos de filósofos y científicos en Europa, como el de Hans Reichenbach (Alemania, 1891-1953) en Berlín, u otros, más restringidos, pero igualmente activos, en Polonia, Suecia, Finlandia y Reino Unido, llega así a su apogeo a mediados de los años treinta. Esta concepción representa lo que de una manera general se puede llamar *positivismo lógico*. Se trata de una visión del edificio conceptual y metodológico del conjunto de las ciencias empíricas estrictamente *reduccionista, lógico-empirista* y *verificacionista*. Se compone de tres pilares fundamentales –uno concerniente a los conceptos, los otros dos a los enunciados científicos–. El primero consiste en reducir todos los conceptos científicos, por definiciones estrictas y lógicamente irrebatibles, a conceptos muy simples de tipo directamente observacional. El segundo pilar postula que todo enunciado verdaderamente científico es puramente analítico o sintético (es decir, que es verdadero o falso

en virtud únicamente de su forma lógica, o que es verdadero o falso en virtud de su contenido empírico). El tercer pilar corresponde a los enunciados sintéticos o empíricos: deben ser verificables, al menos en principio, por enunciados estrictamente observacionales y controlables por todo el mundo.

4. *El operacionalismo*

El operacionalismo de Percy W. Bridgman (Estados Unidos, 1882-1961) y sus discípulos representa una metodología de la ciencia parecida a la propuesta por los positivistas lógicos. Físico reconocido especialmente por sus investigaciones en termodinámica, Bridgman publica en 1927 una reflexión general sobre los fundamentos de la física titulada *The Logic of Modern Physics* [La lógica de la física moderna]. Esta obra influye menos en la metodología de la física misma que en las disciplinas que en la época se esforzaban por alcanzar una categoría indiscutiblemente científica, como las de la psicología o la lingüística. Sin ningún contacto con el Círculo de Viena u otros autores europeos, Bridgman se planteó una cuestión bastante parecida a la que guió los debates en el seno del positivismo lógico: cómo garantizar un contenido empírico real a los conceptos y enunciados teóricos de la ciencia y de la física en particular. Según él, la base empírica de una verdadera ciencia debe ser exclusivamente experimental en el sentido riguroso y concreto de operaciones y manipulaciones que podemos realizar y controlar intersubjetivamente en el laboratorio. Por consecuencia, si no queremos que los conceptos teóricos se vuelvan "metafísicos", tienen que ser definidos sobre la base de las mencionadas operaciones de laboratorio. El ejemplo paradigmático de esta interpretación es la noción de temperatura: el sentido de este concepto queda reducido a las manipulaciones que podemos hacer y constatar con un termómetro. El verdadero concepto de base es el de un termómetro (y las manipulaciones que podemos hacer con él); la temperatura, al contrario, representa una noción derivada del termómetro. Desde este punto de vista, es natural proponer la introducción, para toda teoría que pretenda la categoría de científica, de las así llamadas "definiciones operacionales", es decir, de enunciados donde un concepto teórico queda determinado por operaciones realizables por instrumentos de laboratorio. He aquí una metodología bastante semejante a la reconstrucción del lenguaje científico propuesta por el Círculo de Viena.

5. *Un inicio de crisis*

En esta época, los filósofos que se consagran a temas más tradicionales (y que en las universidades europeas representan la aplastante mayoría) no quieren oír hablar del positivismo lógico ni del operacionalismo. Pero en el seno de la disciplina naciente que entonces es la filosofía de la ciencia, las concepciones del positivismo lógico se van a imponer más o menos rápidamente en razón de la precisión y el rigor jamás alcanzados hasta este momento por ninguna otra escuela filosófica.

Es también en este momento que las ideas más fundamentales del Círculo de Viena y de grupos emparentados comienzan a ser puestas seriamente en duda. Discusiones y objeciones desembocaron, poco después de la Segunda Guerra Mundial, en concepciones sobre la estructura y el funcionamiento de la ciencia que, aun si conservan la "marca" de sus orígenes, ya no pueden ser calificadas estrictamente de "positivistas lógicas".

La crisis del positivismo lógico presenta un interés histórico en un marco más general, pues coincide con el ascenso del fascismo en Europa. La consolidación del fascismo clerical de Dollfuss en Austria a la mitad de los años treinta marca la agonía del Círculo de Viena como institución académica, mientras que Reichenbach pierde su cátedra de Berlín poco después de que los nazis toman el poder. Schlick fue asesinado en Viena por un simpatizante nazi en 1936 y, el mismo año, Carnap, cada vez más inquieto por la situación política en Europa, decide emigrar definitivamente a Estados Unidos. Neurath se exilia, primero en los Países Bajos, y luego en el Reino Unido, en circunstancias rocambolescas, cuando las tropas alemanas invadieron Holanda. Reichenbach emigró a Estados Unidos después de pasar unos años en Turquía. Carl G. Hempel, otro filósofo berlinés, más joven pero muy cercano a Reichenbach, también toma el camino de Estados Unidos, al igual que el gran lógico polaco Alfred Tarski, quien estuvo en estrecho contacto con el Círculo de Viena y el grupo de Berlín. Karl Popper, que no era un miembro formal del Círculo de Viena, pero que participaba en sus debates, parte primero para Nueva Zelanda y posteriormente para el Reino Unido. En 1940, prácticamente todos los miembros importantes del Círculo de Viena o de grupos emparentados habían abandonado la Europa continental. Los que no habían fallecido, como Schlick, se encontraban en un país anglosajón. El centro de gravedad de la filosofía de la ciencia se desplaza a partir de esta fecha de la Europa central a Estados Unidos.

Pero estos desplazamientos geográficos (tan dramáticos como puedan ser) de los representantes del positivismo lógico no explican en su parte medular los cambios que la filosofía de la ciencia experimentó a partir de entonces, aun cuando los contactos establecidos por los filósofos europeos emigrados con los pragmatistas americanos desempeñaron algún papel en esto. La crisis del positivismo lógico proviene principalmente del desarrollo interno de la discusión. Los dos "golpes" más duros recibidos por el programa neopositivista de reconstrucción de las ciencias incluyen justamente dos de sus pilares: el reduccionismo en lo que se refiere a los conceptos y el verificacionismo en lo que concierne a los enunciados empíricos. El tercer pilar, la distinción dicotómica entre enunciados analíticos (lógico-matemáticos) y sintéticos (empíricos), es sacudido por la crítica radical de la noción de analiticidad hecha por Quine; este último golpe fue, históricamente hablando, menos duro en el sentido de que no convenció totalmente a numerosos filósofos de la ciencia posteriores, quienes han continuado haciendo un uso más o menos implícito y más o menos fiel de la distinción entre lógica y conocimiento empírico.

4

CRISIS DEL POSITIVISMO LÓGICO Y CONSOLIDACIÓN DE LA FILOSOFÍA DE LA CIENCIA CLÁSICA (1935-1970)

1. *La debacle del verificacionismo, los problemas del falsacionismo y las dificultades del inductivismo*

Hemos dicho que la crisis del positivismo lógico se debió en lo esencial al hundimiento de dos de sus pilares fundamentales: el reduccionismo y el verificacionismo. En lo que concierne al verificacionismo, según el principio positivista de verificabilidad, si una teoría cualquiera pretende tener una categoría científica, debe estar estructurada de tal modo que sus leyes o postulados sean verificables por enunciados observacionales particulares. Ahora bien, las leyes científicas, incluso las más simples, siempre tienen la forma de un enunciado *universalmente cuantificado* en el sentido lógico; es decir que, esquemáticamente, tienen la siguiente forma: "para todo *x*, si *x* tiene la propiedad *P*, entonces *x* tiene también la propiedad *Q*" –por ejemplo, "para todo *x*, si *x* es un cuervo, entonces *x* es negro"–. El criterio de verificabilidad requiere que, si queremos aceptar este enunciado como auténticamente científico, debemos mostrar que es equivalente a una conjunción de enunciados observacionales particulares (de "protocolos de observación", si se quiere) tales como: "este cuervo que veo a las diez de la mañana en mi jardín es negro", "este cuervo que veo a las once en el jardín de mi vecino es negro", etc. Pero muy pronto nos damos cuenta de que, por muy grande que sea el número de protocolos de este tipo que reunamos sobre los cuervos y su negrura, nunca llegaremos a establecer una conjunción de enunciados particulares que sea lógicamente equivalente al enunciado cuantificado universalmente. Para ser más precisos, sólo seríamos capaces de *verificar* el enunciado general sobre la negrura de

los cuervos si estuviésemos seguros de haber examinado todos los cuervos que existen, los que han existido y los que existirán hasta el día del juicio final; lo que, aun no siendo lógicamente imposible, lo es ciertamente desde el punto de vista empírico. En el caso de objetos de naturaleza continua, como lo son varios de los presupuestos por la física, no es ni siquiera lógicamente posible. Aun cuando aceptáramos una conjunción infinita de enunciados observacionales particulares (lo que es ya una suposición bastante rara), el resultado no sería equivalente al enunciado sobre el continuo: el primero representa un infinito numerable, el segundo, no numerable (en el sentido preciso de la teoría de conjuntos).

Aquello con lo que nos enfrentamos aquí no es sino el viejo *problema de la inducción*, planteado por primera vez por David Hume y reformulado aquí de una manera un poco más formal. Lo que Hume había ya mostrado es que el razonamiento inductivo no es una garantía de *verdad*: a partir de un número n de casos positivos para una hipótesis general cualquiera, no se puede concluir la verdad de la hipótesis para el caso $n + 1$, por muy grande que sea el número n. De esta constatación se sigue que si quisiéramos mantener el principio de verificabilidad como criterio de cientificidad, deberíamos renunciar a la gran mayoría de enunciados científicos y, particularmente, a las leyes de las teorías científicas más importantes, que tienen ciertamente una naturaleza aún mucho más general que nuestro modesto ejemplo de los cuervos. El precio metodológico sería, sin duda, demasiado elevado. De modo que es razonable abandonar el principio de verificabilidad y admitir que los enunciados típicamente científicos tienen siempre un carácter irreductiblemente hipotético.

Uno de los primeros en defender la idea de la naturaleza radicalmente incierta del conocimiento científico, y uno de los primeros críticos de la idea tan significativa del Círculo de Viena según la cual debería haber fundamentos ciertos, es un autor cercano al Círculo que siempre guardó cierta "distancia" en relación con él: el berlinés Hans Reichenbach. Incluso antes de la constitución del Círculo, ya era bastante conocido por sus obras sobre los fundamentos de la relatividad especial y sobre la teoría de probabilidades, y contribuyó a la difusión internacional de la concepción del Círculo de Viena. Sin embargo, no le satisfacía la denominación de "positivismo lógico" para caracterizar la nueva filosofía de la ciencia y prefirió la de "empirismo lógico", ya que la palabra "positivismo" tiene connotaciones "dogmáticas" que remiten a la creencia en unos fundamentos inmutables del conocimiento. Con todo, no es esta divergencia

de orden terminológico lo que lo separa más de los miembros del Círculo de Viena. Para Reichenbach, el principal problema de las tesis sostenidas por sus amigos vieneses consistía en que la noción de probabilidad era la "gran ausente" en sus discusiones. Ahora bien, el rasgo central de las ciencias empíricas es precisamente que sus enunciados siempre tienen un carácter más o menos *probable*, con una probabilidad inferior a 1. Es esto lo que los distingue de los enunciados de la lógica y de la matemática. Puesto que los enunciados de las ciencias empíricas son sólo probables, esto quiere decir que, aunque se hayan constatado muchos casos positivos, siempre pueden resultar falsos. Este probabilismo tiene, según Reichenbach, no sólo consecuencias metodológicas, sino también *semánticas*, para el análisis apropiado de los enunciados científicos: su significado es, él mismo, probabilístico. En 1938, Reichenbach expone ampliamente su "empirismo probabilista" –es así como bautiza su concepción– en su primera gran obra de filosofía general de la ciencia, *Experience and Prediction* [Experiencia y predicción]. Este libro le valió una cátedra de filosofía de la ciencia en la Universidad de California en Los Ángeles, lo que le permitió emigrar de Turquía a Estados Unidos justo antes de comenzar la Segunda Guerra Mundial. No obstante, aun siendo Reinchenbach bastante respetado por sus colegas en filosofía de la ciencia, su libro tuvo relativamente poca repercusión en el desarrollo inmediato de la disciplina –quizá porque su idea de una "semántica probabilista" parecía indefendible–.

Otro autor próximo al Círculo de Viena, Karl Popper (Austria, 1902-1994), da el tiro de gracia al verificacionismo de la época con su primer libro, *Logik der Forschung* [La lógica de la investigación], aparecido en 1934 y que a partir de entonces se convirtió en uno de los grandes clásicos de la filosofía de la ciencia del siglo XX. Karl Popper tuvo una formación de matemático, físico y filósofo, y como ya se ha mencionado, estuvo regularmente en contacto con los miembros del Círculo de Viena, aunque de manera formal no fue parte de él. Con su característico sentido de la ironía, Neurath lo había descrito como "la oposición leal" al Círculo. En efecto, si bien Popper se opuso frontalmente al positivismo lógico en muchas cuestiones fundamentales, siempre compartió con éste las "reglas del juego": rigor en los argumentos, uso de instrumentos de la lógica formal, voluntad de distinguir claramente la ciencia de la seudociencia. Ahora bien, para Popper, lo que distingue el espíritu auténticamente científico del que no lo es, no es que el primero conduzca a enunciados verificables, sino más bien que lleva a formular hipótesis siempre

reconocidas como esencialmente inciertas, es decir, enunciados que siempre pueden ser refutados por la experiencia. En lugar del principio de verificabilidad, Popper propone el *principio de falsabilidad* como marca distintiva de todo procedimiento verdaderamente científico: hay que proponer teorías e hipótesis indicando claramente en qué casos pueden resultar falsas. Esta máxima es el reflejo normativo del hecho lógico de que las hipótesis científicas (al menos las más importantes para el conocimiento) tienen la forma lógica de enunciados universalmente cuantificados. La proposición según la cual todos los cuervos son negros es un verdadero ejemplo, aunque primitivo, de hipótesis científica ya que, si bien no la podemos verificar, en cambio la podemos "falsar"[1] muy fácilmente: basta encontrar un día un solo cuervo de otro color. Es la diferencia esencial entre las teorías científicas, por un lado, y los sistemas metafísicos, por otro: estos últimos están inmunizados contra toda experiencia; pueden siempre "reinterpretarse" de manera que sigan siendo "verdaderos", pase lo que pase. Es *por esta razón* que no nos procuran forma alguna de auténtico conocimiento. Además, según Popper, el principio de falsabilidad nos permite hacer desaparecer pura y simplemente el problema de la inducción: el pretendido razonamiento inductivo no representa de hecho ninguna forma de razonamiento válido. El único tipo de razonamiento científico aceptable es el que sigue las reglas de la lógica (deductiva) y basta para caracterizar de manera adecuada la metodología científica. Las ciencias empíricas no son "ciencias inductivas", como se había dicho; son tan deductivas como las matemáticas, con la única diferencia de que las ciencias empíricas son además falsables.

La obra de Popper tuvo un impacto inmediato sólo sobre los miembros del Círculo de Viena y sus allegados; no fue sino hasta más tarde, a partir de los años cincuenta, después de su traducción al inglés (y a varias otras lenguas), que comenzó a tener una influencia verdaderamente fuerte sobre un público filosófico y científico mucho más amplio. Durante la segunda mitad del siglo XX, el "racionalismo crítico", como Popper bautizó su propia posición, se convirtió en la filosofía de la ciencia predominante en el Reino Unido. Sin embargo, con el tiempo, la metodología popperiana fue

[1] En francés "falsifier" se traduce generalmente por "falsificar" o "falsear", pero en español se ha impuesto "falsar" como traducción del término técnico de Popper, el cual debe entenderse en el sentido de "refutar". Lo mismo ocurre con el término "falsificationnisme" que he traducido por el que, en este contexto, es más corriente en español: "falsacionismo". [N. del t.]

objeto de una serie de críticas que partían de puntos de vista distintos, pero convergentes hacia una fundamental puesta en cuestión del método falsacionista.

La crítica más conocida del público no especializado consistió en la objeción fundamental según la cual el falsacionismo popperiano propone una imagen completamente deformada de la manera real de proceder de las ciencias empíricas, de su dinámica interna. En el capítulo siguiente me ocuparé de esta crítica, a propósito de la revuelta "historicista" en la filosofía de la ciencia de los años sesenta.

Abordemos ahora otro problema, más interno, pero significativo, al cual se enfrenta la metodología falsacionista popperiana –problema que fue planteado ya en las primeras discusiones en el seno del Círculo de Viena–. Este problema proviene del hecho lógico-metodológico siguiente: aceptemos de entrada, como Popper pretende, que las hipótesis científicas más fundamentales tengan la forma de enunciados universalmente cuantificados y que, por esta razón, no pueden ser verificadas, sino sólo falsadas. Para Popper, las hipótesis que no tienen la forma de enunciados cuantificados universalmente sino existencialmente son aceptables como enunciados científicos sólo en la medida en que puedan deducirse de hipótesis más generales cuantificadas universalmente. Ahora bien, se puede constatar la presencia en todas las disciplinas científicas, sobre todo, fuera de la física, de hipótesis existenciales bastante fundamentales que no son derivables de enunciados universalmente cuantificados, pero cuya categoría científica nadie pondría en discusión. Por razones estrictamente lógicas, los enunciados existencialmente cuantificados son verificables pero no falsables, o en todo caso, si lo son, lo son muy difícilmente. Por ejemplo, no existe ninguna buena razón para calificar de "metafísica" o "seudocientífica" una hipótesis del tipo: "existen o han existido formas de vida en alguna otra parte de nuestra galaxia además de la Tierra". Ahora bien, claramente, si bien es fácil imaginar una verificación de esta hipótesis (por ejemplo, si encontramos restos de bacterias en Marte o en un meteorito), es muy difícil imaginar cómo podríamos "falsarla" (para ello, deberíamos viajar a través del espacio y del tiempo por todos los rincones de la galaxia). Este género de hipótesis es aún más frecuente en las ciencias sociales (psicología, sociología, lingüística, etc.). Es más, desgraciadamente para Popper, en los dominios más teóricos de la física nos encontramos con un tipo de enunciados que tienen una forma lógica tal que no son estrictamente falsables ni verificables en sí mismos. No podemos entrar en la discusión de

detalles técnicos para mostrar este punto; nos limitaremos a señalar que se trata de enunciados que, de acuerdo con un análisis lógico adecuado, revelan cierta combinación de cuantificadores universales y existenciales. (He aquí dos ejemplos significativos: el segundo principio de Newton, que en los manuales se formula como "fuerza igual a masa por aceleración", pero que de hecho tiene una forma lógica mucho más complicada, y las leyes básicas de la termodinámica.)[2] Si decidiéramos persistir en la aplicación de la metodología falsacionista, tendríamos que excluir del discurso científico una cantidad tan considerable de hipótesis y de teorías como en el caso del verificacionismo.

Una tercera razón para considerar inverosímil la metodología popperiana seguida al pie de la letra es la siguiente. Incluso si limitamos nuestra atención a hipótesis generales efectivamente falsables (como la hipótesis de la negrura de los cuervos), el falsacionismo estricto sencillamente no corresponde a la práctica científica. En efecto, al rechazar totalmente toda forma de razonamiento inductivo, la metodología popperiana hace que nos deba ser indiferente encontrar un gran número de casos positivos de una hipótesis, o bien un pequeño número, o bien ninguno. Aparentemente, la única cosa que debería contar para un científico que siga la metodología falsacionista sería encontrar un caso negativo. Retomando nuestro ejemplo de los cuervos, la persona que formula la hipótesis "todos los cuervos son negros" sin haber visto jamás un cuervo negro estaría en la misma situación epistémica que el que formula la misma hipótesis después de haber visto 1 000 cuervos negros y ninguno de otro color. Ahora bien, aun cuando el razonamiento inductivo no es válido desde un estricto punto de vista lógico, todo el mundo considera "intuitivamente" que, cuando pasamos de la primera situación descrita a la segunda, se realiza un progreso en nuestro conocimiento.

De hecho, Popper mismo era consciente, por supuesto, de la naturaleza altamente antiintuitiva del falsacionismo sin calificativos y, por esta razón, introdujo el concepto de *corroboración*: cuando se constata un gran número de casos positivos para una hipótesis determinada y ningún caso negativo, es cierto que uno no puede certificar que la hipótesis en cuestión sea verdadera, pero se puede afirmar que ha sido "corroborada en una cierta medida". En sus escritos posteriores de los años cincuenta y sesenta y, sobre todo, en *Objective Knowledge* (1972) [Conocimiento objetivo], Popper intentó

[2] El lector encontrará un análisis detallado de la forma lógica de estos dos ejemplos en mi libro *Exploraciones metacientíficas*, § 3.

introducir un concepto formal preciso para resolver este problema —la noción de *verosimilitud*: no podremos jamás estar seguros de que una hipótesis científica general sea verdadera, pero podemos asegurarnos que es más o menos verosímil; y podremos admitirla en el corpus de disciplinas verdaderamente científicas si tiene un alto grado de verosimilitud—. Sin embargo, muchos autores han demostrado formalmente que la definición original de Popper de esta noción conduce a contradicciones lógicas insolubles. Más adelante, otros autores, que estrictamente hablando no fueron discípulos de Popper, pero que fueron inspirados por su obra, particularmente Ilkka Niiniluoto (Finlandia, nacido en 1947) en su tratado *Truthlikeness* (1987) [Verosimilitud], han intentado desarrollar un sistema formalmente coherente de la verosimilitud. Hasta el presente, sin embargo, ninguno de los sistemas propuestos ha resultado verdaderamente convincente, sea porque conducen a consecuencias contradictorias con la práctica científica, sea porque se ven obligados a dar valores arbitrarios al grado de verosimilitud de hipótesis universalmente cuantificadas.

Para compensar las consecuencias inaceptables tanto del verificacionismo como del falsacionismo, a partir de los años cuarenta, Carnap comienza a desarrollar lo que llama una "lógica inductiva". Admite la crítica de Popper, según la cual el razonamiento inductivo no es capaz de conducirnos a una conclusión absolutamente cierta. Pero esto no quiere decir que las formas inductivas de razonamiento sean siempre inadecuadas para los procedimientos científicos. Por el contrario, esta forma de razonamiento nos permite llegar a la conclusión de que una hipótesis determinada, para la cual hemos encontrado casos positivos y ninguno negativo, es más o menos *probable*. El razonamiento inductivo representa simplemente una forma de razonamiento *probabilista*, que no tiene nada de arbitrario. Así, la noción de probabilidad (tal y como Reichenbach había preconizado ya algunos años antes) está situada en el corazón de la filosofía de la ciencia a partir de 1950. Para Carnap, una tarea fundamental de los filósofos de la ciencia debe ser clarificar la noción de probabilidad y determinar el papel que tiene que desempeñar en una reconstrucción lógica de la metodología científica.

Es sintomático que el título del tratado fundacional de Carnap en este dominio contenga el término "probabilidad" y no más el de "inducción": *Logical Foundations of Probability* (1950) [Fundamentos lógicos de la probabilidad]. Según Carnap, el verdadero sentido de la inducción consiste en atribuir a las hipótesis científicas generales

lo que se llama, en términos habituales de la teoría de probabilidades, *probabilidades condicionales*; se trata, pues, de desarrollar un sistema de reglas formalmente consistente y lo más intuitivo posible, que permita calcular, tomando un enunciado observacional particular *e* (verificado o verificable en tanto que enunciado particular), cuál es la probabilidad de la hipótesis general *h* a partir de la cual podemos deducir formalmente el enunciado *e*. Al utilizar el simbolismo habitual del cálculo de probabilidades, se trata en definitiva de poder calcular el valor de la función $p(h/e)$. Volviendo a nuestro modesto ejemplo, se trataría de construir un sistema formal de inferencia no deductiva que nos permita calcular la probabilidad de la hipótesis "Todos los cuervos son negros" partiendo del enunciado observacional verificado "El cuervo que he visto esta mañana era negro". Es claro que el sistema debe construirse de manera tal que la probabilidad de la hipótesis examinada sea diferente y mayor si el enunciado particular verificado no es solamente "El cuervo que he visto esta mañana era negro", sino más bien la conjunción de enunciados "El cuervo que he visto esta mañana era negro" y "El cuervo que vi ayer por la tarde era negro". Y si la conjunción se compone de un número aún mayor de enunciados básicos, la probabilidad de la hipótesis deberá aumentar uniformemente, y así sucesivamente. No obstante, también es necesario tener en cuenta la condición según la cual todos estos enunciados particulares deben ser consecuencias lógicas *deductivas* de la hipótesis general examinada. Para Carnap, en esta etapa de su pensamiento, un sistema de razonamiento inductivo aceptable no puede ser sino una *combinación* coherente de la lógica "normal", deductiva, con la teoría de la probabilidad.

Desgraciadamente, el proyecto inicial de Carnap de desarrollar una "lógica inductiva" tal, a pesar de su carácter razonable *prima facie*, pronto se topó con una serie de dificultades, más o menos técnicas. La más importante, sin duda, reside en el hecho de que, en el sistema carnapiano original, se puede deducir formalmente que la probabilidad de una hipótesis universalmente cuantificada, sea cual sea el número de enunciados observacionales particulares que la apoyen, simplemente pasa a ser nula si el dominio de objetos a los cuales la hipótesis en cuestión hace referencia es infinito; éste es el caso, al menos en la interpretación habitual, de la mayoría de las leyes más fundamentales de la física teórica (siendo el espacio y el tiempo continuos). Carnap mismo pronto se da cuenta de esta dificultad e intenta superarla introduciendo nuevos axiomas en su sistema o dando una interpretación distinta a los axiomas ya intro-

ducidos. Esto constituye la tarea emprendida por Carnap en trabajos posteriores como *The Continuum of Inductive Methods* (1952) [El continuo de los métodos inductivos] y, sobre todo, en su gran obra *Studies in Inductive Logic and Probability* [Estudios en lógica inductiva y probabilidad], escrito en colaboración con su discípulo Richard Jeffrey (Estados Unidos, 1926-2002) y publicado en dos partes en 1971 y 1980, después de la muerte de Carnap. Esta obra representa la culminación de los esfuerzos por establecer una lógica inductiva metodológicamente aceptable.

Numerosos autores han contribuido al programa carnapiano, proponiendo mejoras o cambios más o menos radicales. Además de Richard Jeffrey, podemos mencionar a Jaakko Hintikka (Finlandia, nacido en 1932) y Wolfgang Stegmüller (Austria, 1923-1991), entre otros. A pesar de todos estos esfuerzos (o quizá justamente a causa de ellos), la idea carnapiana original de desarrollar un verdadero sistema único de inferencia inductiva que sea de naturaleza esencialmente *objetiva* parece estar definitivamente abandonada hoy en día. Actualmente la herencia carnapiana se encuentra más bien en la reconstrucción formal de procedimientos diversos de inferencia epistémica, que son instancias de procedimientos *subjetivos*, aunque racionales, y que se encontrarían en la base de razonamientos probabilísticos o estadísticos en la práctica científica de todos los días. Una reinterpretación del programa carnapiano relativamente reciente en este contexto la representa el desarrollo de lo que se llama "máquinas inductivas". Se entienden por tales programas informáticos que permiten atribuir todo un espectro de valores probabilísticos a hipótesis partiendo de datos particulares; es un trabajo que tiene cierta repercusión en el dominio de la inteligencia artificial.

2. *La crisis del reduccionismo conceptual*

Al comienzo de este capítulo he recordado que dos elementos clave del positivismo lógico, el reduccionismo y el verificacionismo, fueron puestos en duda a mediados de la década de 1930 para derrumbarse poco después y dar lugar a nuevas concepciones de la metodología y de la estructura conceptual del conocimiento científico. Hasta aquí he descrito el proceso de abandono y reemplazo del verificacionismo, sea por el falsacionismo popperiano o por el inductivismo lógico de Carnap y, aún más tarde, por las concepciones más epistémicas (o "subjetivistas") de sus herederos. Consideremos ahora el otro pilar del positivismo lógico derribado: el reduccionismo, es decir, la idea según la cual todos los conceptos científicos,

en la medida en que pretenden tener un sentido empírico, deben ser reducibles, por medio de cadenas más o menos largas de definiciones, a conceptos estrictamente observacionales. Carnap mismo es quien en su obra *Testability and Meaning*, publicada en dos partes entre 1936 y 1937 ataca las bases del programa reduccionista al que él había contribuido de manera decisiva en sus escritos precedentes.

Los primeros resultados antireduccionistas que Carnap obtuvo en este ensayo tienen que ver con el análisis semántico de una cierta categoría de conceptos científicos que, en primera instancia, aparecen como bastante "inofensivos" desde un punto de vista empirista: se trata de los conceptos llamados "disposicionales", es decir, de conceptos que se refieren a disposiciones atribuidas a ciertos objetos a comportarse de manera determinada cuando son sometidos a unas condiciones determinadas. El ejemplo paradigmático de este género de conceptos viene representado por la noción de "solubilidad", tan importante en química y que nadie sospecha que es una noción "metafísica". Cuando atribuimos a un objeto cualquiera (por ejemplo, un terrón de azúcar) la propiedad de solubilidad, le estamos atribuyendo una cualidad que no es inmediatamente perceptible por nuestros sentidos: lo que percibimos directamente del terrón de azúcar es que es blanco, dulce, poroso y otras cualidades semejantes. Sin duda, sabemos (o creemos saber) que el terrón de azúcar, suponiendo que lo *introdujéramos* en una cantidad suficiente de un líquido no demasiado denso, se *disolvería*; después de lo cual el terrón en sí habría dejado de existir, justamente porque se *habría disuelto* y cesaría de ser objeto de nuestra percepción. La cuestión que se le plantea en este punto al positivista o al empirista "puro y duro" es la siguiente: ¿cómo definir la propiedad llamada "solubilidad" en términos de percepción inmediata? En principio, la respuesta a esta cuestión parece muy fácil de dar. Podríamos proponer una "definición operacional" a la manera de Bridgman del tipo: "El objeto x es soluble si y sólo si la siguiente condición operacional es satisfecha: si x se introduce en una cantidad suficiente de agua pura (situación ella misma directamente observable), entonces x desaparece en el agua (situación asimismo directamente observable)." Esta definición propuesta tendría, pues, una forma lógica aparentemente impecable. En efecto, utilizando las abreviaciones "Sx" por "x es soluble", "Ax" por "x se introduce en agua pura" y "Dx" por "x desaparece", obtenemos la fórmula:

$$Sx \leftrightarrow (Ax \rightarrow Dx).$$

En esta fórmula, *A* y *D* representan de manera incontestable predicados puramente observacionales; y puesto que se trata de una equivalencia lógica entre *S* de un lado y la combinación de *A* y *D* del otro, *S* pasaría a ser aparentemente un predicado observacional, gracias a su "reducción" a los predicados *A* y *D*.

Ahora bien, ¿qué pasaría si tomáramos como instancia de la variable *x* un trozo de madera que nunca se ha introducido en agua y que quemamos antes de que pueda serlo? En este caso, el predicado *A* nunca sería satisfecho por el trozo de madera en cuestión; de ahí que, aplicando las reglas más elementales de la lógica proposicional, el enunciado condicional "$Ax \rightarrow Dx$" siempre será verdadero en el caso del trozo de madera y, por tanto, según nuestra "definición operacional", deberemos concluir que el trozo de madera es soluble...[3]

En vista de este resultado, y tomando en cuenta que nadie querrá cambiar las reglas más elementales de la lógica, debemos concluir que la definición de la solubilidad debe ser formalizada de otra manera. Podemos, en efecto, constatar fácilmente que hay una manera formalmente impecable de distinguir la solubilidad de trozos de azúcar de la insolubilidad de trozos de madera: si se sumerge el objeto *x* en una cantidad suficiente de agua, entonces *x* es soluble si y sólo si *x* se disuelve en el agua, formalmente:

$$\text{“}Ax \rightarrow (Sx \leftrightarrow Dx)\text{”}.$$

En efecto, esta fórmula es verdadera de terrones de azúcar y falsa de trozos de madera, *suponiendo siempre que sean sumergidos primeramente en el agua.*

A este tipo de fórmulas, que sería apropiado para introducir toda suerte de conceptos disposicionales (y que desempeña un papel importante en muchas disciplinas, como la física, la química y la psicología), Carnap lo ha llamado "enunciados reductivos", porque entonces aún creía que, valiéndose de ellos en los casos en que una definición *à la* Bridgman no era posible, podría salvar lo esencial del programa reduccionista en filosofía de la ciencia. Sin embargo, hay que señalar aquí (y Carnap lo reconoció honestamente) que estos "enunciados reductivos" no representan ninguna verdadera definición desde un punto de vista formal riguroso: en efecto, para todos aquellos objetos, trátese de terrones de azúcar, de madera o de otras cosas, que nunca se han introducido en agua y que por

[3] Recordemos que, según las reglas de la lógica elemental, todo enunciado condicional de la forma "$p \rightarrow q$" es siempre verdadero si el antecedente "p" es falso.

alguna razón no pueden serlo (por ejemplo, porque son demasiado grandes o están muy alejados de la Tierra, o porque fueron destruidos previamente, etc.), el predicado "*S*", es decir la solubilidad, no es definible. Se podría hablar, si se quiere, de una "definición parcial". Pero, de hecho, una "definición parcial" no es una definición en absoluto; sea cual sea la manera en que interpretamos los enunciados reductivos de este género, no nos permiten reemplazar un concepto problemático no directamente observable (en nuestro ejemplo, la solubilidad) en *todos* los contextos posibles por conceptos auténticamente observacionales. Asimismo podemos expresar este resultado de la siguiente manera: el programa reduccionista fuerte del positivismo lógico, que pretende desarrollar una estrategia lógicamente impecable para impedir la reintroducción dentro del discurso de la ciencia de términos que no siempre tienen un sentido empírico probado, se vuelve estrictamente irrealizable. Queda, pues, abierta una puerta a la "metafísica"...

Fue así como surgió un largo debate a finales de los años treinta sobre la naturaleza de los conceptos científicos no directamente observacionales. Este debate, descrito luego como "el problema de los conceptos (o de los términos) teóricos", habría de durar varias décadas y, en cierto sentido, continúa abierto hoy en día. Se iba a constatar muy pronto que los conceptos disposicionales del género "solubilidad" no representan más que un pequeño subgrupo entre la gran masa de todos aquellos conceptos que, en las ciencias más o menos avanzadas, no son reducibles por definición a conceptos observacionales. Carnap mismo y otros autores que participaron en este debate se dieron cuenta en uno u otro momento de que la gran mayoría de los conceptos más fundamentales, los más "abstractos", si se quiere, de las ciencias empíricas no son en absoluto definibles a partir de conceptos observacionales, incluso si uno está dispuesto a introducir fórmulas muy complicadas para definirlos. Para la mayoría de estos conceptos, no seremos capaces de encontrar ni siquiera "enunciados reductivos" del género ilustrado por la solubilidad, es decir, enunciados que, aun no siendo definiciones en el sentido riguroso del término, "se parecen" lo suficiente a las auténticas definiciones. Conceptos como "fuerza", "energía", "campo electromagnético", "electrón", "entropía", "gen", "adaptación selectiva", "inteligencia" y aun otros en física, química, biología, psicología, etc., esto es, conceptos que desempeñan un papel fundamental en teorías que nadie osaría descalificar como "metafísicas" —todos estos conceptos se encuentran, en comparación con los conceptos disposicionales,

aún más alejados tanto desde un punto de vista lógico como de uno epistemológico, de conceptos puramente observacionales como los que expresan predicados como "agua", "transparente", "azul", "dulce", "caliente", etc.–. Si decidiéramos suprimir de nuestro discurso científico todos estos conceptos indefinibles en relación con la base observacional para satisfacer los principios del programa reductivo empirista, nos veríamos obligados a constatar que tenemos que abandonar la mayor parte de lo que ha constituido la ciencia moderna desde el siglo XVII. Como ocurría con el verificacionismo, debemos admitir aquí también que el precio a pagar sería demasiado elevado y que es mejor sacrificar un ideal filosófico (incluso con el riesgo de dejar una puerta abierta a la metafísica o a la seudociencia) más que abandonar instrumentos de conocimiento que han probado su eficacia.

En consecuencia, después de la Segunda Guerra Mundial se hace claro para los pensadores que analizan la relación entre teoría y experiencia –*el* tema central de toda la filosofía de la ciencia– que los conceptos más fundamentales de las teorías científicas, sobre todo en las disciplinas más adelantadas, no son reducibles a conceptos de experiencia inmediata o "de laboratorio", aun cuando estemos dispuestos a emplear técnicas refinadas de la lógica y las matemáticas para construir cadenas definicionales muy complicadas. Incluso las "definiciones parciales" o "enunciados reductivos" de Carnap o las "definiciones operacionales" de Bridgman no pueden ser utilizadas para determinar el contenido de los conceptos teóricos más poderosos de las ciencias, muy alejados de nociones más bien elementales como "soluble", que son bastante próximas a la experiencia.

3. *Una excepción alemana*

Aunque esta conclusión fue aceptada por la mayor parte de los filósofos de la ciencia a partir de los años cuarenta, no lo fue por todos. En la filosofía de la ciencia alemana de los años 1960–1970, encontramos que algunos epistemólogos persiguieron, por métodos bastante diferentes de los del positivismo lógico, la idea de una reducción operacional de conceptos teóricos de las ciencias avanzadas, sobre todo de la física. La corriente más comprometida en esta idea está representada por la llamada Escuela de Erlangen, fundada en los años cincuenta por el lógico y matemático Paul Lorenzen (Alemania, 1915–1994), quien al principio se impuso la meta de dar a las matemáticas fundamentos nuevos, independientes de la lógica

clásica y de la teoría de conjuntos (disciplinas que según Lorenzen eran sospechosas de reintroducir elementos no controlables, "especulativos"). Para Lorenzen y sus discípulos, la base de todo conocimiento humano no es otra que las operaciones o manipulaciones concretas, o "acciones" (*Handlungen*), que un sujeto humano puede efectivamente realizar, sea mediante lápiz y papel, sea mediante instrumentos estandarizados de laboratorio. Para fundar de esta manera las ciencias formales –la lógica y la matemática–, Lorenzen desarrolló en una primera fase de su carrera intelectual una lógica operativa, próxima a la lógica intuicionista, en la que cierto número de principios y métodos de demostración de la lógica y las matemáticas clásicas (por ejemplo, la demostración por *reductio ad absurdum*) ya no son válidos.[4]

Con el tiempo, Lorenzen y sus discípulos, sobre todo Peter Janich (Alemania, nacido en 1942), han ampliado el campo de sus intereses epistemológicos proponiendo también una refundación operativista (o "constructivista", como fue llamada más tarde) de la física. Así nace el muy ambicioso programa de la protofísica (*Protophysik*), disciplina que sería más fundamental que las teorías físicas existentes y propone reconstruir los conceptos físicos más fundamentales, como la distancia, el tiempo o la masa, independientemente de toda ley teórica general, utilizando solamente operaciones o manipulaciones muy concretas que todo el mundo puede realizar en el laboratorio, incluso sin bagaje teórico alguno. El tratado más sistemático de la protofísica erlanguiana es el que Peter Janich consagró a la construcción operacional de la noción de tiempo: *Die Protophysik der Zeit* (1969) [La protofísica del tiempo].

Este programa de reconstrucción fundacionista de la física, difícilmente compatible con el carácter fuertemente hipotético y abstracto de la física contemporánea, ha conducido a los miembros de la Escuela de Erlangen a criticar a veces con vehemencia, para sorpresa general, teorías científicas muy reputadas, como la teoría especial de la relatividad, pues el operativismo o constructivismo de Erlangen tiene un fuerte componente *normativo*, en el sentido de que su objetivo es explicitar las reglas o normas que todas las disciplinas en su construcción de conceptos y principios deberían seguir; representa probablemente en el siglo XX el enfoque más decididamente normativo de la filosofía de la ciencia del siglo XX –aun cuando los practicantes de las ciencias empíricas mismas, como se

[4] El texto fundamental de Paul Lorenzen es *Einführung in die operative Logik und Mathematik* [Introducción a la lógica y matemática operativas], aparecido en 1955.

podía esperar, continúan ignorando las normas defendidas por los constructivistas de Erlangen–.

4. *La doctrina de los dos niveles conceptuales*

Dejando de lado las excepciones "operativistas" alemanas, la tendencia general entre la gran mayoría de filósofos de la ciencia siguió siendo la misma tras el derrumbe del positivismo lógico: abandono de los programas reduccionistas conceptuales como el de Mach, Russell, Bridgman, el primer Carnap, etc., lo que desembocó en una forma moderada o atenuada de empirismo. En la literatura especializada, esta concepción ha sido a menudo descrita como la "concepción de los dos niveles" del conocimiento científico. Según ella, las teorías científicas son estructuras articuladas, tanto desde el punto de vista epistemológico como metodológico, por dos niveles conceptuales claramente distintos: por un lado, el nivel, por así decir, "infraestructural", el de los conceptos *observacionales*, que son completamente independientes de las teorías científicas y que se refieren de una manera más o menos directa a las experiencias comunes a todos los seres humanos –es decir, a todo lo que podemos percibir mediante los sentidos, incluso si éstos deben ser "asistidos" por instrumentos especiales, como telescopios, microscopios, etc.–; y, por otro, un nivel "superestructural", el de los conceptos *teóricos*, cuya referencia escapa por principio a toda observación directa o asistida de instrumentos. Estos conceptos teóricos son introducidos para construir teorías de un alto grado de abstracción, articuladas por leyes fundamentales que justamente no pueden formularse sin utilizar este género de conceptos. (Recordemos las nociones abstractas que aparecen en las leyes de la mecánica cuántica, la electrodinámica o la genética.) Un rasgo característico de las disciplinas más avanzadas es precisamente el papel absolutamente esencial que los conceptos teóricos desempeñan en su formulación. Una teoría científica cuyos conceptos fueran solamente observacionales sería una teoría "empobrecida".

De cualquier manera, la concepción de los dos niveles se proponía "salvar" aun una visión tan empirista como fuese posible de la ciencia y evitar que uno pueda detectar, en el discurso de conocimientos científicos auténticos, términos "seudocientíficos". Para consolidar esta visión, se postulan dos principios, uno epistemológico, otro metodológico: en primer lugar, decir que el contenido verdaderamente epistémico del discurso científico se encuentra, en último término, en el nivel puramente observacional, porque consti-

tuye la última instancia del control de las teorías; luego, los dos niveles, el teórico y el observacional, no deben concebirse separados uno del otro: en el caso de una teoría auténticamente científica, los conceptos teóricos tienen que aparecer vinculados, aun cuando la vía sea muy indirecta y compleja, con algunos conceptos observacionales. Este vínculo debe poder expresarse mediante enunciados de un género particular, enunciados "mixtos", en los cuales se encuentran *algunos* conceptos teóricos y *algunos* conceptos observacionales. No hay que buscar necesariamente una forma lógica particular para este tipo de enunciados (por ejemplo, los condicionales bicondicionales previstos por Carnap para los enunciados reductivos, aun cuando éstos constituyan, por supuesto, una posibilidad siempre abierta); todo lo que uno espera de ellos es que su forma lógica pueda hacerse explícita formalmente de alguna manera. La denominación estándar utilizada para estos enunciados mixtos de vinculación es la de "reglas de correspondencia". A veces, se encuentra en la literatura la denominación de "postulados de significado" (*Bedeutungspostulate* en alemán, *meaning postulates* en inglés). La razón de esta segunda denominación es que presupone que son estos enunciados y sólo ellos los que dotan de significado empírico a los conceptos teóricos.

De aquí se sigue que a la *dicotomía* entre los dos niveles conceptuales corresponde una *tricotomía* entre tres clases de enunciados del corpus científico: toda buena teoría científica contiene enunciados puramente teóricos, puramente observacionales y enunciados "mixtos". Los primeros contienen solamente términos teóricos (por ejemplo, "electrón", "campo electromagnético", "entropía", "gen", "neurosis", etc.), y representan típicamente las leyes fundamentales de la teoría en cuestión; las reglas de correspondencia vinculan algunos conceptos teóricos con algunos conceptos observacionales; y la tercera categoría de enunciados contiene términos que se refieren exclusivamente a experiencias directas, posibles o reales (por ejemplo, "relámpago", "caliente", "guisante", "insomnio", etc.); representan justamente las constataciones de observaciones o los "protocolos" de laboratorio. Gracias a las reglas de correspondencia, podemos evitar el riesgo de reintroducir subrepticiamente ideas metafísicas: aun cuando un concepto puramente teórico de una ley fundamental, por ejemplo, puede parecer muy "especulativo", podrá ser calificado de verdaderamente científico si está vinculado con otros conceptos teóricos que, a su vez, están vinculados por medio de reglas de correspondencia con conceptos observacionales, que finalmente aparecen en enunciados que se pueden confrontar directamente con la expe-

riencia. Según esta concepción de la estructura y del modo de funcionamiento de las teorías científicas, podemos, cuando deseemos poner una teoría a prueba, proceder del siguiente modo: a partir de datos observacionales determinados que se expresan en enunciados exclusivamente observacionales, "remontamos" por medio de algunas reglas de correspondencia hasta una interpretación concreta de leyes fundamentales (que son puramente teóricas); acto seguido, se parte de éstas, y teniendo en cuenta la red de todas las otras leyes teóricas de la "superestructura", se hacen algunas inferencias y se "desciende" de nuevo, utilizando las reglas de correspondencia, hasta llegar a otros ejemplos concretos de enunciados observacionales (predicciones), que finalmente corresponderán o no a lo que se pueda observar directamente. Si la correspondencia es efectiva, la teoría está confirmada; en caso contrario, está refutada.

La concepción de los dos niveles constituyó durante mucho tiempo el presupuesto central de la filosofía de la ciencia en la fase que hemos llamado "clásica" –y, en cierto modo, todavía lo es para muchos autores actualmente, aunque de manera menos explícita–. Esta concepción fue elaborada de manera detallada y estuvo lo suficientemente bien argumentada por los filósofos de la ciencia más conocidos de la época. Mencionaré sólo algunos de los textos más significativos: la obra de Richard B. Braithwaite (Reino Unido, 1900–1990) *Scientific Explanation* (1953) [La explicación científica], los artículos de Carnap "The Methodological Character of Theoretical Terms" (1956) [El carácter metodológico de los términos teóricos] y de Carl G. Hempel (Alemania, 1905–1997) "The Theoretician's Dilemma" (1958) [El dilema del teórico] y, sobre todo, los tratados de Ernest Nagel (Checoslovaquia/Estados Unidos, 1901–1985) *The Structure of Science* (1961) [La estructura de la ciencia] y de Carnap *Philosophical Foundations of Physics* (1966) [Fundamentos filosóficos de la física]. En la voluminosa obra de Wolfgang Stegmüller, *Theorie und Erfahrung* (1970) [Teoría y experiencia] se desarrolla más completamente esta concepción. Asimismo esta obra contiene una discusión muy detallada de los problemas, formales y sustanciales, que dicha concepción tuvo que enfrentar.

Esta concepción permite responder a la cuestión *metodológica* (y *sintáctica*) de saber cómo funcionan los conceptos teóricos en el seno de una disciplina científica y cómo se vinculan con la experiencia. Pero aún no permite responder a cuestiones más profundas, de orden *semántico* y *ontológico* como: ¿qué significan los conceptos teóricos? ¿A qué se refieren (suponiendo que se refieren a algo)? ¿Las

entidades a las que supuestamente se refieren son de la misma naturaleza que aquellas a las que refieren los términos observacionales (las de nuestra experiencia ordinaria)? ¿El término "electrón", por ejemplo, tiene una ontosemántica completamente análoga a la del término "aguja"? Éstas no son cuestiones banales; sea cual sea la respuesta, tendrán consecuencias decisivas para la filosofía de la ciencia o la filosofía misma en general –para nuestra concepción del mundo–; ¿existen los electrones y los campos electromagnéticos de la misma manera que existen las agujas o las mesas? Lo que corrientemente se ha llamado "el problema de los términos teóricos" se convirtió así en el problema central de la filosofía de la ciencia en su fase clásica e incluso después de ella.

La gran mayoría de filósofos de la ciencia de la fase clásica que tenían cierta tendencia al empirismo tuvieron, además, una tendencia a privilegiar los conceptos observacionales desde el punto de vista semántico y ontológico. Incluso después del "rescate a medias" del empirismo realizado gracias a la articulación de los términos teóricos con los observacionales propuesta por la concepción de los dos niveles, estos filósofos continuaron considerando los conceptos teóricos con desconfianza –su sentido no era claro (excepto por el hecho de que funcionan estupendamente bien para hacer predicciones mediante las teorías que los contienen)–. Se planteó, entonces, la siguiente cuestión: ¿hay que suponer necesariamente que los conceptos teóricos refieren a algo real? ¿Son verdaderamente ineludibles en la investigación científica? ¿Es concebible (incluso deseable) una ciencia sin estos conceptos tan molestos? De esta posibilidad nació el proyecto de *eliminar los términos teóricos* (que no equivale a definirlos o a reducirlos).

Para evitar cualquier malentendido, hay que entender bien cuál era el objetivo del proyecto. No tenía una finalidad *práctica*, no se trataba de recomendar a los físicos evitar hablar de electrones y de campos electromagnéticos. El objetivo era, en primer lugar, *semántico* e, indirectamente, epistemológico y ontológico. Se querían explorar las posibilidades de reconstruir formalmente el discurso científico de manera tal que no fuera necesario presuponer que los términos teóricos se refieren a algo. Se sugirieron varias propuestas para acometer tal objetivo, y fue sin duda el *método Ramsey* el más extendido entre los filósofos de la fase clásica. Dicho método consiste en reconstruir las teorías científicas reinterpretando los términos teóricos que en ellas figuran simplemente como *variables* sin un significado particular.

Frank P. Ramsey (Reino Unido, 1903–1930) se interesó básicamente por cuestiones de lógica y fundamentos de la matemática y de la probabilidad. Sus contribuciones en estos temas son notables. Sin embargo, en un breve artículo titulado "Theories", publicado en *The Foundations of Mathematics and Other Logical Essays* (1931) [Los fundamentos de las matemáticas y otros ensayos lógicos], obra que reúne sus escritos, se ocupa del problema de los términos teóricos (*avant la lettre*) y llega a una conclusión muy original. En pleno apogeo del positivismo lógico, comprende que el problema no consiste en saber si los conceptos teóricos son definibles en función de términos observacionales, sino más bien si es necesario suponer que tienen un significado particular. Según Ramsey, no es necesario, pudiendo concebirlos como variables cuantificadas existencialmente, y si rescribimos la teoría con estas variables (aunque preservando la estructura lógica original de la teoría), tendremos exactamente las mismas consecuencias observacionales que antes; y puesto que son solamente estas consecuencias las que nos interesan para adquirir conocimientos sobre el mundo de la experiencia, *en este sentido* se puede afirmar que podemos "eliminar" los términos teóricos. El argumento es un poco técnico, pero intentaré hacer esta idea central tan comprensible como sea posible con un ejemplo muy simple.

Supongamos que tenemos una teoría física, por ejemplo, la mecánica newtoniana, con dos leyes fundamentales, el segundo principio ("$f = m \cdot a$") y el principio de acción y reacción, donde los términos teóricos son evidentemente la fuerza f y la masa m, mientras que la aceleración a, o más bien los términos más básicos que definen la aceleración, a saber, la posición y el tiempo, son observacionales. Además de enunciados teóricos, tenemos enunciados puramente observacionales tales como: "Si uno sitúa los cuerpos c_1 y c_2 en un sistema aislado, $c_1$se mueve hacia c_2 con una aceleración a_1 mientras c_2 se mueve hacia c_1 con una aceleración a_2." Supongamos que se puede derivar este último enunciado observacional de los principios teóricos (más las reglas de correspondencia, si es necesario) atribuyendo algunos valores determinados a los términos f y m. La tesis de Ramsey es que no es necesario suponer que f y m tengan un significado concreto; podemos reemplazarlas por variables X e Y y afirmar: "existen X e Y tales que, si X e Y están en relación con la posición y el tiempo para dos cuerpos c_1 y c_2 de la manera prescrita por las fórmulas llamadas "segundo principio" y "principio de acción y reacción" (donde obviamente "f" y "m" son

ahora reemplazadas por "*X*" e "*Y*"), entonces podemos obtener el enunciado puramente observacional precedente".

De manera general, consideremos un conjunto de enunciados puramente teóricos $T_1,\ldots, T_m$, donde aparecen los términos teóricos $t_1,\ldots, t_n$, un conjunto de reglas de correspondencia $R_1,\ldots, R_p$, donde aparecen algunos términos teóricos y un conjunto de enunciados puramente observacionales $O_1,\ldots, O_q$, con términos observacionales $o_1,\ldots, o_r$, (algunos de estos últimos aparecen también en las reglas de correspondencia). Supongamos que podemos derivar de la conjunción:

$$T_1 \ \&\ldots\& \ T_m \ \& \ R_1 \ \&\ldots\& \ R_p \ \& \ O_1 \ \&\ldots\& \ O_q$$

un nuevo enunciado observacional O^* (una predicción, por ejemplo). Entonces, se puede derivar el mismo enunciado O^* si reemplazamos los términos teóricos en los enunciados teóricos y las reglas de correspondencia por variables $x_1,\ldots, x_n$, si se los cuantifica existencialmente y si se reescribe la conjunción precedente de la manera siguiente:

$$\exists x_1,\ldots, x_n \ (T_1 \ [x_1,\ldots, x_n] \ \&\ldots\& \ T_m \ [x_1,\ldots, x_n] \ \& \\ R_1[x_1,\ldots, x_n] \ \&\ldots\& \ R_p \ [x_1,\ldots, x_n] \ \& \ O_1 \ \&\ldots\& \ O_q),$$

donde "$\exists$" es el símbolo para el cuantificador existencial y las expresiones "$[x_1,\ldots,x_n]$" significan que, en cada enunciado correspondiente, los términos teóricos originales $t_1,\ldots, t_n$, han sido reemplazados por estas variables sin significado concreto. Esta fórmula cuantificada existencialmente representa lo que se llama "el enunciado Ramsey" de una teoría. El teorema de Ramsey afirma que todo enunciado observacional O^* derivable de la teoría original "$T_1 \ \&\ldots\& \ T_m \ \& \ R_1 \ \&\ldots\& \ R_p \ \& \ O_1 \ \&\ldots\& \ O_q$" es igualmente derivable del enunciado Ramsey y recíprocamente. Las dos formulaciones de la teoría son, pues, *observacionalmente* (si bien no lógicamente) *equivalentes*. En su artículo original, Ramsey no dio más que un esbozo de la prueba de su teorema. El lector puede encontrar la demostración rigurosa en el libro de Stegmüller antes citado.

Lo que muestra el teorema de Ramsey es que, si nos interesamos solamente por las consecuencias observacionales verificables de una teoría cualquiera, no hace falta preocuparse por el significado de sus conceptos teóricos, ni siquiera por saber si tienen un significado cualquiera que éste sea. En el ejemplo precedente, podríamos

reemplazar los términos "fuerza" y "masa" por "bla-bla" y "toc-toc" y obtendríamos exactamente los mismos resultados observacionales. Esto quiere decir que el significado de los términos teóricos es puramente *contextual*: está dado exclusivamente por las relaciones que tienen entre sí los símbolos en las fórmulas que expresan leyes teóricas, conjuntamente con los términos observacionales. No hay nada más que saber acerca de ellos. *En este sentido*, pueden ser "eliminados".

El método Ramsey tiene, sin embargo, algunas limitaciones. No da cuenta del hecho de que el mismo término teórico puede aparecer en teorías diferentes, ni de que nuevas leyes teóricas que contengan los mismos términos teóricos puedan aparecer en una misma teoría en el curso de su evolución, ni de que, muy a menudo, las leyes teóricas con sus conceptos teóricos sean utilizadas para justificar enunciados observacionales de una manera no deductiva (por inducción, por ejemplo, o por razonamiento estadístico). Pero, fuera de estas limitaciones (que no son menospreciables), el método de Ramsey da una respuesta sólida al problema de los términos teóricos –si uno presupone, obviamente, que hay una distinción neta entre conceptos teóricos y conceptos observacionales, y que todo aquello que interesa a las ciencias empíricas es un incremento de nuestros conocimientos expresables en enunciados verificables por la experiencia–.

En el momento de su publicación, el artículo de Ramsey pasó casi desapercibido. La muerte prematura de su autor contribuyó, sin duda, a ello, pero también el hecho de que su propuesta no se integraba fácilmente con las discusiones del positivismo lógico. Fue solamente en los años cincuenta que Braithwaite (viejo amigo de Ramsey) "resucita" sus ideas y muestra su importancia a la comunidad de filósofos de la ciencia. Hempel, Carnap, Stegmüller y numerosos autores de la fase clásica las retomaron en sus trabajos. Asociado a la concepción de los dos niveles, el método de Ramsey parece proporcionar la respuesta última a las cuestiones más esenciales sobre la naturaleza de los conceptos teóricos, la estructura de las teorías científicas y su relación con la experiencia.

Este método tiene, como el lector puede sospechar, un "sabor instrumentalista" en el sentido duhemiano. Concibe los términos teóricos como simples instrumentos simbólicos útiles que nos permiten hacer predicciones observacionales. No tienen ningún "valor en sí"; no nos muestran "la cara oculta de la realidad". Evidentemente, esta interpretación no puede satisfacer al filósofo de tendencia realista: éste quisiera garantizar que los términos teóricos se refieren a co-

sas reales, aunque inaccesibles a nuestra experiencia sensorial. El problema, sin embargo, es saber cómo dar esta garantía. El filósofo instrumentalista replica que la única garantía que se puede ofrecer de la pertinencia de los términos teóricos es que aparecen en una teoría que funciona empíricamente bien; esto queda garantizado por el enunciado Ramsey de esta teoría, en el que los términos teóricos no designan nada en especial. La controversia entre epistemólogos realistas e instrumentalistas sobre la naturaleza de los términos teóricos continúa hasta nuestros días.

5. *El ataque contra la distinción analítico/sintético y la tesis sobre la subdeterminación*

El tercer pilar del positivismo lógico, como hemos visto, es el postulado según el cual se tiene que poder establecer una distinción nítida entre enunciados analíticos (los que son verdaderos o falsos sólo en virtud de su forma lógica) y sintéticos (los que son verdaderos o falsos en virtud no sólo de su forma lógica, sino también por su contenido empírico). Comúnmente se admite que esta distinción es acaso muy difícil, casi imposible de establecer en el lenguaje ordinario por su carácter vago y ambiguo; pero, por medio de una reconstrucción bien lograda del lenguaje científico, debe ser posible determinar, para una teoría científica cualquiera, qué partes son puramente analíticas (y, por tanto, *a priori*) y qué partes son sintéticas (y, por tanto, empíricas). Si en una teoría científica encontramos enunciados que no se dejan asignar claramente a ninguna de estas categorías, entonces la teoría contiene elementos metafísicos que hay que eliminar.

La distinción tajante entre lo analítico y lo sintético tiene sus raíces en filósofos clásicos, como Leibniz, Hume y, sobre todo, Kant. Sin embargo, en la filosofía de la ciencia del siglo XX, esta distinción pretende liberarse de presupuestos metafísicos más o menos dudosos y focalizarse en el lenguaje de la ciencia (es decir, en el lenguaje de las teorías científicas bien construidas). Detrás de esta distinción, se encuentra una fuerte intuición metodológica que parece irrebatible: hay dos y sólo dos maneras de "hacer ciencia" —o bien se manipulan símbolos siguiendo reglas formales precisas con el fin de demostrar teoremas que no tienen necesariamente que ver con la realidad empírica (lo que hacen los lógicos y los matemáticos), o bien se hacen observaciones, experimentos de laboratorio, manipulaciones técnicas con aparatos y se constata algo sobre la realidad (es lo que hacen los físicos, biólogos, psicólogos, los cien-

tíficos empíricos en general)–. Esta distinción metodológica intuitiva corresponde a una nítida distinción disciplinaria: de un lado las ciencias formales (lógica y matemática), del otro las ciencias empíricas (física, biología, psicología, etc.). En el resto de los casos, se trata de concepciones precientíficas, seudocientíficas o metafísicas que deben ser superadas.

Partiendo de esta intuición metodológica, el problema que se plantea ahora es el de establecer un criterio preciso de *analiticidad*, pudiendo ser definido el concepto de enunciado sintético como aquel que tiene significado y no es analítico. Para establecer este criterio, las leyes de la lógica son las que parecen imponerse de forma inmediata. Parece evidente que las verdades de la lógica son del todo independientes de lo que pasa en el mundo real. No necesitamos hacer ninguna observación o tener experiencia para convencernos de que el enunciado "Llueve o no llueve" es siempre verdadero; es verdadero simplemente en virtud de las leyes de la lógica que determinan el uso de los operadores lógicos conocidos, como la disyunción ("o") o la negación ("no"). Las verdades (y falsedades) lógicas serían, pues, casos paradigmáticos de enunciados analíticos. La cuestión más importante aquí es, sin embargo, saber si además de los enunciados puramente lógicos, existen también otros tipos de enunciados analíticos. ¿Qué hacer, por ejemplo, con los enunciados matemáticos? No parecen depender de nuestra experiencia; por tanto, según los postulados del positivismo lógico, deberían ser considerados como analíticos. Esto no plantearía ningún problema si, como estaban convencidos los filósofos de la ciencia del periodo de entreguerras, el programa logicista propagado por Frege y Russell de reducir toda la matemática a la lógica fuese viable. Sin embargo, las dificultades inherentes al logicismo se hicieron cada vez más patentes con el curso del tiempo y, a partir de los años cuarenta, nadie cree ya verdaderamente en él. Se puede aceptar que todas las matemáticas sean reducibles a la teoría de conjuntos, pero no que la teoría de conjuntos sea reducible a la lógica.[5]

Por tanto, si queremos considerar los enunciados de las matemáticas como enunciados analíticos, hay que buscar algo más que el criterio de logicidad. El problema es peor aún: existen numerosos enunciados que quisiéramos intuitivamente admitir como analíticos,

[5] La discusión del programa logicista y las razones de su derrumbe, aun cuando esto representara un factor indirecto de crisis para el positivismo lógico, escapan completamente al marco temático de este libro: se trata de una cuestión muy compleja de filosofía de las matemáticas.

pero que no son enunciados puramente lógicos o matemáticos. Consideremos el ejemplo: "Si ayer era lunes, entonces mañana será miércoles." No hay necesidad de recurrir a la experiencia ni saber qué día es para convencerse de que el enunciado es verdadero. Pero éste ya no es una verdad lógica ni matemática. Se dirá que es verdadero en virtud de una suerte de convención de la lengua española; pero, ¿cuál es el criterio preciso de "convención" de una lengua natural? He aquí otro ejemplo problemático: muchos filósofos quisieran contar el enunciado "Si veo una mancha enteramente roja, entonces esa mancha no es verde" entre los enunciados analíticos; pero no es una verdad lógica, ni una verdad matemática, tampoco una convención "gramatical". Los ejemplos podrían multiplicarse.

Conscientes de la importancia de la noción de analiticidad para establecer la semántica de las ciencias sobre fundamentos rigurosos, varios filósofos de la época que consideramos, en primer lugar Carnap, intentaron establecer el criterio general requerido, de una manera a la vez intuitivamente aceptable y formalmente correcta. En este contexto W.V.O. Quine (Estados Unidos, 1908-2000) publica en 1951 un artículo "demoledor" que tuvo una enorme repercusión y se convirtió en un clásico de la filosofía analítica en general: "Los dos dogmas del empirismo."[6] Cierto, Quine no es un filósofo de la ciencia *stricto sensu*; es más conocido como lógico y filósofo del lenguaje, y los argumentos que desarrolla en su artículo pertenecen principalmente al análisis lógico del lenguaje. Sin embargo, su crítica de la noción de analiticidad, que es el tema central, es igualmente pertinente para la filosofía de la ciencia en la medida que esta noción era también una de las preocupaciones principales de la filosofía de la ciencia de la época.

Los dos "dogmas" a los que Quine se refiere en el título de su artículo son la distinción nítida entre enunciados analíticos y sintéticos así como el reduccionismo.[7] Ya hemos tratado antes las dificultades del reduccionismo. En el momento en que Quine publica su artículo estas críticas era bien conocidas. Por este motivo la mayor parte de su texto concierne a la cuestión de la analiticidad, si bien es cierto que, en las últimas páginas, Quine intenta mostrar —en

[6] El artículo fue publicado primero en la *Philosophical Review* y dos años más tarde se incluyó en un famoso libro de artículos de Quine: *From a Logical Point of View* (existe traducción al castellano).

[7] Es un poco injusto calificar estos dos principios de "dogmas", pues Carnap y los otros defensores de la analiticidad y el reduccionismo no los habían presentado jamás como verdades absolutas e indiscutibles, y tomaron inmediatamente las críticas de Quine muy en serio. Es preferible hablar de "postulados".

una argumentación un tanto rápida– que la idea de analiticidad y el reduccionismo están íntimamente ligadas.

En la primera parte del texto, Quine pasa revista a las distintas propuestas hechas hasta entonces para definir el criterio de analiticidad (por medio de las nociones de "significado", "verdadero en todos los mundos posibles", "sinonimia" y, finalmente, la noción más formal de "regla semántica" que Carnap formuló), para mostrar que todas presuponen la misma noción de analiticidad que se quería definir. Todas estas propuestas son circulares y, por tanto, inaceptables. Habría un medio de escapar a esta circularidad y sería apelar a un criterio verificacionista (lo que para Quine significa "reduccionista" –una identificación que es problemática–) del significado de los enunciados. En efecto, podríamos intentar construir nuestras intuiciones estipulando que un enunciado es analítico si y sólo si se verifica sea cual sea el contenido de nuestra experiencia. Esto presupondría, no obstante, que pudiéramos establecer el significado de cada enunciado particular confrontándolo con nuestras experiencias sensoriales; si se comprueba su independencia de toda verificación, entonces significa que es analítico. Mas es en este punto de la discusión que la doctrina holista de Quine (retomada explícitamente de Duhem) entra en acción: es contrario a la práctica auténtica de la ciencia tomar cada enunciado aisladamente para ver si puede confrontarse con la experiencia. Es la ciencia en su totalidad lo que se confronta con los datos de la experiencia. Cuando estos últimos nos hacen constatar que algo no funciona en nuestro sistema de enunciados (nuestra teoría), siempre existen varias posibilidades de revisión en el corpus científico, pudiendo abandonarse, si es necesario, incluso los enunciados que se consideran "más analíticos" (los de la lógica, por ejemplo). Quine da un ejemplo de esta posibilidad extrema: la propuesta de ciertos filósofos de la mecánica cuántica de abandonar el principio puramente lógico del "tercero excluido" y de utilizar una lógica llamada "trivalente" (donde, además de la verdad y la falsedad, los enunciados pueden tener un tercer valor de verdad, la "indeterminación").

Sin embargo, hay que señalar que el único ejemplo de revisión que Quine da de un principio considerado claramente analítico es uno que proviene de una interpretación particular de la mecánica cuántica; se trata, además, de una proposición que está lejos de ser unánimemente aceptada por los filósofos y los científicos que se ocupan de los fundamentos de la mecánica cuántica. Lo que es más, sería difícil encontrar en la historia de la ciencia otro ejemplo de aban-

dono de un principio lógico en razón de consideraciones empíricas. Ciertamente, los físicos (u otros científicos empíricos) abandonan a veces la utilización de una teoría matemática que había prestado buenos servicios en favor de otra teoría matemática, que se juzga más apropiada a los propósitos de la física. El ejemplo histórico más significativo es, sin duda, el reemplazo de la geometría euclídea por la geometría riemanniana en la teoría de la relatividad general. No obstante, este género de ejemplos no implica que una teoría de las matemáticas puras no sea "analítica" en un sentido o en otro, más bien implica que no es útil, o no tanto como se creía, para fines empíricos particulares. Para establecer una analogía por medio de un ejemplo menos abstracto: el hecho de que una regla gramatical particular sea propia del español y no del inglés no excluye automáticamente su carácter supuestamente analítico.

Probablemente a causa de su carácter un poco más generalizador (y no siempre absolutamente riguroso), los argumentos de Quine tuvieron menor repercusión en la filosofía de la ciencia que en la filosofía del lenguaje. Se reconoció que Quine había formulado un desafío muy importante a la noción de analiticidad y, sobre todo, a la idea de definirla rigurosamente, pero la mayor parte de los filósofos posteriores continuó operando con la idea intuitiva de que hacer lógica o matemáticas era una cosa, y hacer investigación empírica, otra muy distinta. Es de esta manera, más modesta o un poco "vergonzosa", que los filósofos de la ciencia del periodo clásico, e incluso posterior, continúan presuponiendo en sus análisis de las teorías científicas que había que distinguir un componente puramente lógico-matemático ("analítico", si uno quiere) y un componente verdaderamente empírico ("sintético"), siendo, a su vez, constituido el segundo por una parte teórica y una parte observacional.

Entre las tesis que Quine sostuvo, no es su rechazo absoluto de alguna distinción entre elementos analíticos y elementos sintéticos en las teorías científicas y su holismo radical (que, por otra parte, atenuó bastante en los años subsiguientes) las que más han influido en la mayoría de los filósofos de la ciencia posteriores; es otra la tesis que se ha convertido casi en lugar común de la filosofía de la ciencia actual: la llamada tesis de la "subdeterminación de la teoría por la experiencia". Parece que Quine considera que esta tesis está fundada sobre el holismo y sobre el rechazo de la distinción analítico/sintético; pero se pueden dar argumentos a favor de esta subdeterminación (e incluso ejemplos históricos concretos) que son independientes de otros postulados de Quine. Hemos mencionado

ya este aspecto de las teorías científicas al discutir el convencionalismo de Poincaré, que es un precursor de Quine (véase el capítulo 2, p. 24).

Al final de su artículo sobre los "dos dogmas del empirismo", Quine sugiere ya la idea de la subdeterminación; no obstante, presenta mucho más tarde, en 1975, una argumentación sistemática en otro artículo publicado en la revista *Erkenntnis* e intitulado "Sobre los sistemas del mundo empíricamente equivalentes". Quine constata en él que, para un dominio de la experiencia particular que queremos tratar teóricamente, podemos construir siempre al menos dos teorías diferentes, lógicamente incompatibles, pero que son igualmente adecuadas al dominio de la experiencia, en el sentido de que las dos teorías permiten dar buenas explicaciones y hacer predicciones igualmente verificables del material empírico. La elección entre una y otra no puede ser fundada más que sobre criterios distintos al de la adecuación a la experiencia. La razón de esta situación de subdeterminación teórica es, a su vez, un hecho estructural: las teorías (al menos en las disciplinas algo avanzadas) son siempre conceptualmente más ricas que el dominio de la experiencia al que se aplican en un momento determinado. Las teorías tienen un "valor agregado" de conceptos y de principios fuera de la experiencia inmediata. Por tanto, esta última no puede decidir por sí misma cuál es la "buena teoría". Hay que recurrir a otros criterios, como por ejemplo, criterios de economía conceptual, elegancia formal, compatibilidad con otras teorías científicas, etc. Pero no hay que esperar que haya una especie de "algoritmo de decisión" que elimine todas las teorías salvo una. Probablemente la idea de la subdeterminación es la que representa la contribución más notable de Quine a la filosofía de la ciencia (aun cuando, como hemos visto, Poincaré la había sugerido e, implícitamente, también Duhem). Hoy en día, la tesis de la subdeterminación de las teorías por la experiencia es aceptada por la gran mayoría de los filósofos de la ciencia.

6. *La estructura de la explicación científica*

Paralelamente al desarrollo de la concepción de dos niveles entre la teoría y la experiencia, otra cuestión ocupa una gran parte de los esfuerzos en filosofía de la ciencia en la fase que consideramos: la de la estructura de las *explicaciones científicas*. Los dos temas son, desde un punto de vista estrictamente lógico, independientes el uno del otro; no obstante, podemos intentar establecer cierta correlación entre ellos. Los positivistas lógicos y sus predecesores de la fase de "ger-

minación" mostraron poco interés por el análisis de la explicación científica. Duhem sostuvo que la tarea de la ciencia no consiste en la explicación de algo, sino más bien en "dar cuenta" de los fenómenos observados —esto es, según él, clasificarlos, predecirlos, controlarlos y no buscar las "causas profundas" que los explican, lo que equivale a una ilusión metafísica—. Parece que la gran mayoría de los autores de la fase de eclosión de nuestra disciplina compartían este pensamiento, al menos implícitamente.

Ahora bien, una vez que se articula una concepción de la estructura y del funcionamiento de las teorías científicas más flexible que la del positivismo lógico, una visión que abandona el reduccionismo y el verificacionismo, se tiene más libertad para regresar a los temas que se dejaron de lado, y que las generaciones precedentes tildaron de "metafísicos". En 1948, con el cambio de "atmósfera" que acabamos de constatar, Carl G. Hempel y Paul Oppenheim (Alemania, 1885-1977) publican un artículo más bien breve, "Studies in the Logic of Explanation", que haría época, sobre la noción de explicación científica y las condiciones que deben satisfacerse para poder hablar de una auténtica explicación. Durante las décadas subsiguientes, este artículo tendría una enorme repercusión, no solamente sobre la comunidad de filósofos de la ciencia de la época que aquí nos ocupa, sino también sobre un público bastante más amplio. Gracias a la "explicación de la explicación" propuesta por Hempel y Oppenheim, se terminó por reconocer que la explicación tanto de fenómenos empíricos particulares a partir de leyes como de leyes científicas a partir de teorías es una de las finalidades indiscutibles de la ciencia, que no tiene, además, nada de misterioso. Cuando intentamos explicar un fenómeno particular "inesperado" o una regularidad general, el objetivo que se persigue es perfectamente racional: lo que intentamos hacer es encontrar un buen *argumento* que justifique el enunciado que expresa el fenómeno o regularidad en cuestión. En este primer ensayo de Hempel y Oppenheim, una buena explicación científica no es otra cosa que un argumento deductivo, gracias al cual, partiendo de premisas determinadas que habíamos aceptado previamente (lo que se llama el *explanans*), deducimos rigurosamente, siguiendo las leyes de la lógica, el enunciado que expresa aquello que queríamos explicar (el *explanandum*).

Hempel y Oppenheim distinguen dos situaciones posibles: la explicación de un hecho particular y la explicación de una regularidad más o menos general, es decir, de una ley de la naturaleza. En el primer caso, las premisas se componen de dos partes: primeramen-

te, una o más leyes científicas aceptadas, luego algunos enunciados sobre hechos particulares, que constituyen las condiciones iniciales de lo que queremos demostrar. Por ejemplo, si queremos explicar por qué hubo un eclipse de Luna observable en el hemisferio norte la noche del 8 de noviembre de 2003, entonces utilizaremos como premisas del argumento las leyes de la mecánica newtoniana y las de la óptica geométrica, añadiéndoles enunciados particulares (las condiciones iniciales) que expresen las posiciones particulares del Sol, la Luna y la Tierra la noche en cuestión, y a continuación podremos deducir el enunciado que expresa la observación del eclipse. En el segundo caso, el de la explicación de regularidades observadas, nuestras premisas deberán contener sólo leyes más generales. Por ejemplo, si queremos explicar la ley óptica de la reflexión de la luz tomaremos como premisas las leyes de la óptica ondulatoria, que son más generales, y que permiten deducir la ley de la reflexión interpretando y fijando algunos parámetros de la teoría ondulatoria. Así, dejando de lado algunos detalles más técnicos que hay que tener en cuenta en este género de argumentación, la forma lógica esencial de la explicación científica es extraordinariamente simple si seguimos a Hempel y Oppenheim. Justamente este esquema es conocido a partir de entonces como "esquema H-O" o "N-D" (nomológico-deductivo). La tesis inicial de estos dos autores establecía que toda explicación pretendidamente científica debe tener esta forma: debemos ser capaces de deducir el *explanandum* a partir del *explanans*, y si no somos capaces, no tendremos un caso genuino de explicación.

Algunos años más tarde, Hempel aceptó que todas las explicaciones auténticamente científicas no siempre tienen la forma nomológico-deductiva. Esto simplemente se debe a que, en varios casos, los científicos no tienen a su disposición leyes estrictamente generales que puedan figurar en las premisas de un argumento deductivo: se cuenta únicamente con leyes estadísticas que otorgan una alta probabilidad, pero no certeza, a una correlación entre los parámetros pertinentes. Esta situación es típica (aunque no exclusiva) de las explicaciones ofrecidas en medicina (por ejemplo, cuando explicamos que una persona está enferma a causa del tabaquismo), pero también en las ciencias humanas (por ejemplo, cuando explicamos que alguien se ha suicidado porque sufría una grave depresión). Ya nadie se negaría a aceptar estas explicaciones como auténticamente científicas, aun cuando no sean deductivas. A lo largo de varios trabajos de los años sesenta Hempel propone un complemento al esquema N-D para contemplar estos casos: el esquema E-I (por "estadístico-

inductivo"). Este esquema establece que en este tipo de explicaciones las premisas consisten en leyes estadísticas que, junto con las condiciones iniciales apropiadas, permiten inferir por *inducción* (no por deducción) el *explanandum* con una alta probabilidad.

Aun cuando la mayor parte de los autores de la fase clásica aceptaron el núcleo esencial del programa hempeliano de reconstrucción de las explicaciones científicas, pronto se hizo evidente que el análisis de Hempel adolecía de toda una serie de problemas graves, en parte de naturaleza lógico-formal, en parte más sustanciales. No entraremos en los detalles de esta discusión, muy viva entre los años 1950 y 1960. Mencionemos sólo dos tipos de contraejemplos que se propusieron contra la concepción de Hempel: por un lado, muchos argumentos que intuitivamente se tienen por buenas explicaciones de fenómenos observados y que son aceptados en la literatura científica especializada parecen no satisfacer en última instancia ni las condiciones del esquema N-D ni del esquema E-I; por otro, estos esquemas permiten declarar formalmente como buenas explicaciones argumentos que el buen sentido o la praxis científica nunca aceptarían. Cada vez que se les ponía un presunto contraejemplo, la respuesta de Hempel y sus discípulos proponía agregar restricciones o modificaciones particulares al esquema original; pero poco después nuevos contraejemplos mostraban la insuficiencia de las revisiones propuestas. Hacia el final de la década de los sesenta, la comunidad de los filósofos de la ciencia tenía la sospecha de que, aunque la teoría hempeliana reflejaba algunos aspectos importantes de las explicaciones científicas, era claramente insuficiente para representar lo verdaderamente esencial en un proceso de explicación científica y que, en consecuencia, había que buscar vías completamente diferentes. Así, en los años subsiguientes, se proponen nuevos enfoques de la explicación científica –desarrollos que pertenecen a la última fase de nuestra historia de la filosofía de la ciencia– (véase el capítulo 6).

7. *La naturaleza de las leyes científicas*

A los problemas más o menos técnicos inherentes a la noción de explicación científica propuesta por Hempel y Oppenheim, se agrega un problema en cierto modo "externo" al esquema N-D, pero más profundo aún que las otras dificultades señaladas. Según este esquema, las premisas de una buena explicación deben contener al menos una ley científica. (En el esquema E-I, esta ley es una ley estadística; pero para abreviar esta exposición, me restringiré a la consideración de leyes no estadísticas, es decir, deterministas, como lo son

la mayor parte de las leyes fundamentales de las ciencias naturales; esta restricción no cambia esencialmente nada de la exposición que viene a continuación.) Dar una buena explicación de un fenómeno observado quiere decir deducir el enunciado que lo describe a partir no solamente de algunas condiciones iniciales particulares, sino también de al menos una ley, que debe agregarse a esas condiciones. Además, esta ley o leyes deben ser *verdaderas* o, al menos, estar bien *confirmadas*. Si aceptáramos leyes falsas (o leyes para las cuales no tenemos buenas razones para considerar verdaderas) en las premisas de nuestro argumento explicativo, entonces podríamos explicar cualquier cosa a partir de cualquier otra, eligiendo simplemente la ley que más nos convenga. Dos preguntas surgen inmediatamente: ¿qué es una ley científica?, ¿cómo hacemos para saber si es verdadera o si al menos está bien confirmada? Podemos describir la primera pregunta como el problema de la "legaliformidad" (*lawlikeness*) de un enunciado cualquiera: se trata de determinar los criterios formales que debe satisfacer un enunciado empírico cualquiera para poder ser considerado una ley genuina (sea verdadera o falsa). La segunda pregunta corresponde al hecho de establecer criterios adecuados para la *confirmación* de las leyes. Los dos tipos de problema, que, sin duda, están íntimamente ligados, pero que conviene discutir separadamente, ocuparon una gran parte de la filosofía de la ciencia durante su fase clásica.

La doble problemática concerniente a las leyes a la que acabamos de referirnos es, en sí misma, importante e independiente del análisis de la explicación científica; pero resulta evidente que tiene una gran incidencia en otros temas de filosofía de la ciencia –no sólo en la problemática de la explicación, sino también, por ejemplo, en la noción de teoría científica, puesto que se supone habitualmente que las teorías científicas consisten esencialmente en un entramado de leyes empíricas–.

Comencemos por la cuestión de la *legaliformidad*. La intuición de partida es que las leyes deben ser enunciados de aplicación general y no sólo descripciones de un objeto o de un evento particular. Esto quiere decir que, en su versión más simple concebible, tienen la forma lógica de un enunciado condicional universalmente cuantificado, es decir, la forma:

$$\forall x(Px \rightarrow Qx)$$

Nuestro enunciado sobre los cuervos que son todos negros es un ejemplo modesto, pero adecuado, de ley empírica con esta forma,

si uno reemplaza el predicado "cuervo" por el símbolo "*P*" y el predicado "negro" por el símbolo "*Q*". Otras leyes podrían tener una forma más compleja, quizá porque necesitamos más cuantificadores universales en lugar de uno solo, o aun porque necesitamos cuantificadores existenciales u otras conectivas lógicas además del condicional. Pero el "núcleo duro" de la forma lógica de una ley científica consiste siempre en un cuantificador universal al comienzo de un enunciado y un condicional "en medio". Pareciera que disponemos de una respuesta muy simple a la cuestión del criterio de legaliformidad: una ley debe siempre tener como forma lógica fundamental la de un enunciado condicional generalizado.

Sin embargo, se puede constatar rápidamente que esto es, en el mejor de los casos, una condición necesaria, pero no suficiente, de legaliformidad. En efecto, consideremos el siguiente ejemplo: "Todos los lápices sobre la mesa de Pedro son azules." Este enunciado también tiene la forma lógica "$\forall x(Px \rightarrow Qx)$", si reemplazamos el predicado "lápiz sobre la mesa de Pedro" por "*P*" y "azul" por "*Q*". Ahora bien, es evidente que nadie aceptaría este enunciado como ejemplo de una ley científica; describe una situación particular, contingente, aun pudiendo ser verdadera. Para superar esta consecuencia antiintuitiva, Carnap y otros autores sugirieron, en un primer momento, añadir al criterio de legaliformidad de un enunciado la exigencia de que el enunciado en cuestión no contenga nombres propios ("Pedro", por ejemplo), ni referencia alguna a una región determinada del espacio-tiempo (por ejemplo, el lugar ocupado por la mesa de Pedro). Más generalmente, podríamos requerir que una ley genuina no contenga referencias particulares o "específicas" a algunos individuos únicamente (criterio de *no especificidad*). El problema de esta exigencia adicional es que muchos enunciados generalizados aceptados por la comunidad científica contienen referencias específicas a objetos individuales particulares y a regiones espaciotemporales determinadas; un ejemplo significativo es el de las leyes de Kepler, que contienen una referencia esencial al Sol y a una región determinada del espacio.

Más tarde, Carnap propuso restringir el criterio de no especificidad al caso de las leyes *fundamentales* de una disciplina cualquiera. Las leyes de Kepler no serían fundamentales, mientras que las leyes de Newton, que podemos admitir como fundamentales para la mecánica, satisfacen el criterio de no especificidad en cuestión. Esta propuesta es, en principio, mucho mejor que la precedente, pero no resuelve todos los problemas, y esto se debe al menos a dos razo-

nes. En primer lugar, deja sin respuesta la diferencia entre una ley que no es fundamental en este sentido, pero que no deja de ser ley, y un enunciado general como nuestro ejemplo de la mesa de Pedro y sus lápices. El otro problema proviene del hecho de que, aun cuando el criterio de no especificidad parece plausible para las leyes fundamentales de la física y de la química, no lo es para las de otras disciplinas, como la biología o las ciencias sociales, que contienen explícita o implícitamente referencias a un objeto particular (la Tierra o regiones determinadas de ella) o a periodos determinados. Se podría tratar de salir del atolladero estipulando que sólo las ciencias físico-químicas tienen leyes verdaderamente fundamentales. Pero este "imperialismo de la física" parece un precio demasiado alto, sobre todo por el estado actual de las relaciones entre las disciplinas científicas realmente existentes. Se propusieron luego otros criterios adicionales de legaliformidad más o menos técnicos y más o menos razonables (apelando, por ejemplo, a la noción de *causalidad* o empleando nociones de la lógica modal), pero ninguna de estas propuestas, que no discutiremos aquí, se ha mostrado susceptible de ser el objeto de un consenso entre los filósofos de la ciencia. El problema de la legaliformidad ha quedado parcialmente abierto hasta nuestros días.

El otro problema planteado por la noción de ley científica es el de las condiciones de su validez o aceptabilidad. Hemos constatado ya, en lo que concierne a la inducción, que no tenemos generalmente ninguna garantía de que un enunciado general, aun si es muy simple como el del color negro de los cuervos, sea verdadero. Todo lo que podemos decir es que está corroborado o *bien confirmado* por sus casos positivos. Si hemos observado miles de cuervos negros y ninguno de otro color, nuestra ley "Todos los cuervos son negros" pasará a ser aceptable por estar bien confirmada. Podremos admitirla, pues, como premisa de una explicación N-D o como parte de una teoría científica. Sin embargo, un célebre argumento de Nelson Goodman (Estados Unidos, 1906–2000) en *Fact, Fiction and Forecast* [Hecho, ficción y pronóstico], de 1955, muestra que la relación de confirmación entre casos positivos y la ley general no puede, por principio, llevar a una selección unívoca de la ley en cuestión. Habrá siempre otros enunciados generales que intuitivamente nadie aceptaría como leyes genuinas, pero que resultarían igualmente confirmados por los mismos casos positivos.

En efecto, supongamos que un biólogo extravagante introdujera, en lugar del predicado "negro", el nuevo predicado "blagro", a in-

terpretar de la siguiente manera: "*x* es blagro si *x* ha sido observado y se ha constatado que es negro, o bien si *x* no ha sido observado y es blanco", y supongamos que nuestro biólogo extravagante propusiera la siguiente "ley de la naturaleza": "Todos los cuervos son blagros." Enseguida nos damos cuenta de que todos los casos positivos de la ley "Todos los cuervos son negros" (es decir, todos los cuervos observados hasta ahora que son evidentemente negros) son también casos positivos de la ley "Todos los cuervos son blagros"; lo que es una consecuencia inmediata del significado dado a la nueva palabra "blagro". Por consiguiente, la segunda "ley" está tan bien confirmada como la primera. Pero las dos leyes no pueden ser, evidentemente, verdaderas a la vez; permiten hacer predicciones muy diferentes: la primera predice que los cuervos que examinaremos en el futuro son tan negros como los cuervos observados en el pasado, mientras que la segunda predice que los cuervos futuros serán blancos. ¿Cuál de las dos escoger? Ni el criterio de la forma lógica de las leyes ni el de la buena confirmación nos ayudan a resolver esta cuestión. Desde un punto de vista estrictamente lógico (sintáctico y semántico), los dos enunciados son igualmente respetables.

Seguramente, a la paradoja de Goodman se podría responder que un predicado del tipo "blagro" (Goodman mismo puso otros ejemplos, pero que son de la misma naturaleza) es demasiado raro para ser tomado en serio. Sin embargo, la "rareza" no es, en principio, un buen criterio para resolver cuestiones filosóficas y metodológicas. Después de todo, los científicos modernos han introducido términos al menos tan extraños como "blagro" en sus teorías (pensemos en el término "posición de un electrón cuando no es observado") y nadie (o casi nadie) ha replicado nada al respecto. Parece que son consideraciones más bien pragmáticas (las costumbres en la construcción de teorías científicas a lo largo del tiempo) y no lógico-semánticas lo que nos lleva a preferir "negro" o "blanco" a predicados como "blagro". Pero esta constatación, aunque perfectamente válida, implica que hay un elemento irreductiblemente pragmático (y, de hecho, histórico) en la elección de los enunciados generalizados que estamos dispuestos a considerar leyes científicas. En todo caso, los predicados goodmanianos son aún hoy una fuente de irritación y perplejidad para el análisis formal del concepto de ley científica y de su confirmación empírica.

5

FASE HISTORICISTA (1960–1985)

1. *Paradigmas e inconmensurabilidad, programas y tradiciones de investigación*

La mayor parte de los autores de las fases de "eclosión" y "clásica" de nuestra disciplina, en contraste con los de la primera fase de "preformación", muestran poco interés por el análisis de la ciencia desde una perspectiva *diacrónica*, es decir, la perspectiva que toma en cuenta la dimensión histórica de las teorías científicas. Su principal objetivo es proponer una reconstrucción formal de las estructuras sincrónicas implícitas del conocimiento científico. Las cuestiones de la dinámica de las teorías no están totalmente ausentes de su reflexión, pero son consideradas desde un punto de vista ahistórico, por así decirlo *sub specie aeternitatis*. Es principalmente el caso de Popper en el que encontramos la idea de una dinámica científica fundada en la metodología de la falsación: el "motor" de la investigación científica no es otro que la tendencia a poner a prueba una teoría científica tantas veces como sea necesario, hasta su refutación por la experiencia, lo que conduce a construir una nueva teoría, que será refutada algún día y así indefinidamente. Esta visión de lo que debe ser una metodología adecuada de la ciencia no puede pretender procurar un modelo efectivo de la historia de la ciencia; a lo más, se trata de una propuesta *normativa* de la forma en la cual las ciencias *habrían tenido que* evolucionar en el curso de la historia. En la *Logik der Forschung* hay pocas observaciones históricas sustanciales destinadas a sostener la metodología de Popper. En este aspecto, su manera de proceder en el estudio filosófico de la ciencia no es verdaderamente diferente de la del Círculo de Viena o de la de los sucesores de la fase clásica.

Esta situación cambia radicalmente a partir de los años sesenta con lo que se ha dado en llamar la "revuelta historicista": la voluntad

de dar cuenta de la historia real de la ciencia, es decir, de construir modelos de cambio científico adecuados a las ciencias tal y como éstas se desarrollan efectivamente en el curso de su historia, pasa a primer plano. La perspectiva diacrónica se convierte en un tema central entre los filósofos de la ciencia.

La obra capital en este cambio de perspectiva, *The Structure of Scientific Revolutions* [La estructura de las revoluciones científicas], de Thomas S. Kuhn (Estados Unidos, 1922-1996) aparece en 1962. Ironía de la historia, el ensayo de Kuhn es publicado en una serie de la Enciclopedia Internacional de la Ciencia Unificada que Neurath y Carnap concibieron, la cual tenía un perfil epistemológico completamente diferente, es más, opuesto... Además de Kuhn, los autores más importantes de esta nueva fase son Paul K. Feyerabend, Imre Lakatos y, un poco más tarde, Larry Laudan. Podemos añadir otros dos autores que, en cierto modo, fueron sus precursores: Norwood R. Hanson y Stephen Toulmin. Hacia 1960, estos autores hicieron ya algunas críticas a la concepción clásica de la filosofía de la ciencia subrayando el papel que el estudio del desarrollo histórico real de las ciencias debería tener en la reflexión epistemológica. Pero su influencia es menos importante en el desarrollo de la discusión ulterior. Nos restringiremos, pues, a los cuatro autores mencionados en primer lugar: Kuhn, Feyerabend, Lakatos y Laudan.

Es frecuente interpretar el significado de la "revuelta historicista" en filosofía de la ciencia como una defensa a favor de una perspectiva diacrónica en el análisis de la ciencia. Sin embargo, es una interpretación demasiado restrictiva de las consecuencias epistemológicas y metodológicas de las propuestas de estos autores. También aportan una perspectiva nueva sobre la estructura sincrónica de las ciencias, sobre todo en lo concerniente al concepto de teoría científica y la relación entre teoría y experiencia. Podríamos incluso decir que la tesis más original de los filósofos historicistas es que no se puede separar estrictamente la perspectiva sincrónica de la perspectiva diacrónica en el estudio de la ciencia, ya que está en juego el mismo tipo de categorías epistemológicas en los dos casos. Para comprender debidamente este punto, hay que recordar algunos elementos esenciales del modo en que la filosofía clásica de la ciencia ha concebido la dinámica de las teorías y las relaciones interteóricas, sea en su versión carnapiana o en la popperiana.

En los dos casos, una teoría científica consiste esencialmente en una serie de axiomas o principios fundamentales, formulados en un lenguaje específico, justamente "teórico". Las consecuencias lógicas

de estos principios (los teoremas) son contrastados por medio de reglas de correspondencia más o menos implícitas con enunciados base formulados en un lenguaje observacional que, en principio, es semánticamente independiente de la teoría considerada. En la lectura carnapiana, si la comparación entre la teoría y la observación da resultados positivos, la teoría se va haciendo cada vez más probable; en la lectura popperiana, deviene simplemente "corroborada" y conviene intentar de nuevo refutarla a partir de la observación. Si, finalmente, resulta ser falsa, debe ser inmediata y definitivamente abandonada –a menos que estemos dispuestos a convertirnos en seudocientíficos intelectualmente deshonestos, desprovistos de todo sentido crítico–. En las dos lecturas, todo aquello a lo que la investigación empírica nos conduce en lo que concierne a una teoría dada es a preservarla tal cual, bien confirmada o corroborada, o a abandonarla por falsa. No hay otra alternativa. Es más, en este marco de interpretación de la dinámica científica, no existe más que una relación interesante entre dos teorías aceptadas empíricamente –la de *reducción*: una teoría (admitida como verdadera hasta nueva orden) puede estar en una relación de reducción con otra teoría (igualmente admitida como verdadera hasta nueva orden), lo que equivale a decir que los conceptos básicos de la primera teoría pueden ser definidos en función de los conceptos básicos de la segunda, y que los principios fundamentales de la primera son deducibles lógicamente de los de la segunda–. Entonces se puede decir que la segunda teoría es la más general y, si uno conserva la primera en la tradición de la disciplina, es sólo porque resulta más fácil de entender o de aplicar, o por razones didácticas; pero todos los conocimientos contenidos en la primera teoría también están contenidos en la segunda. Es un progreso por "acumulación".

Esta visión característica de la filosofía de la ciencia clásica, en cuanto a la identidad de las teorías, sus relaciones con la experiencia y sus eventuales relaciones con otras teorías, es lo que Kuhn y el resto de filósofos historicistas ponen en cuestión. Niegan pura y simplemente las tesis clásicas: a) una teoría no es simplemente un conjunto de principios; b) su relación con la experiencia es diferente de lo que los filósofos clásicos, inductivistas o falsacionistas habían vislumbrado; c) cuando una teoría, considerada "mejor", sucede a otra teoría más antigua, la relación entre las dos no es la de reducción en el sentido que acabamos de definir.

En 1962, Kuhn no era conocido como filósofo de la ciencia, sino más bien como historiador (había publicado ya una obra notable

sobre la revolución copernicana): su nueva obra es recibida primeramente como una nueva contribución a la historia de la ciencia. Pero es, de hecho, una contribución a la filosofía de la historia de la ciencia o, quizá más exactamente, una contribución a la filosofía *diacrónica* de la ciencia –tema que hasta entonces había sido ignorado por la mayor parte de los filósofos–. El título del libro se presta, además, a confusión, pues nos hace pensar que las revoluciones científicas son el tema principal; lo que Kuhn en realidad ofrece es un modelo de cambio científico en general, revolucionario o no. Además, el modelo tiene consecuencias, implícitas más que explícitas, sobre nuestra concepción *sincrónica* de las teorías, sobre el concepto de teoría científica en general y sobre las relaciones interteóricas. Es por esta razón que hay que calificar la concepción kuhniana de "teoría general del conocimiento científico" –aun cuando, aparentemente, el autor mismo no fuese consciente de ello, al menos en un primer momento–.

La estructura de las revoluciones científicas tuvo una enorme repercusión en la filosofía de la ciencia ulterior. La obra (aun para aquellos que no están de acuerdo con sus tesis) tuvo mucha influencia durante el último tercio del siglo XX y ha acarreado innumerables discusiones, no sólo en el círculo restringido de los filósofos de la ciencia, sino también entre un público más amplio. Al estar escrito en un estilo muy accesible, sin demasiados detalles técnicos, se constata que numerosos términos usados originalmente por Kuhn para formular sus tesis, tales como "cambio de paradigma", *Gestaltswitch*, "inconmensurabilidad", etc., pasaron a ser comunes para personas que incluso no tenían un interés particular en la filosofía de la ciencia. Veamos más de cerca las innovaciones aportadas por Kuhn, tanto en el plano diacrónico como en el sincrónico.

Según él, el motor de la dinámica científica no es la inducción ni la deducción. Este motor no es "carnapiano" ni "popperiano". No existe una sola forma de dinámica científica, sino dos –y ni a una ni la otra corresponden a los modelos inductivista o falsacionista–. Kuhn detecta dos tipos de fases completamente diferentes en la evolución de una disciplina científica: periodos que califica de "ciencia normal" y otros que califica de "ciencia revolucionaria". (Para ser exactos, habría que añadir, aun cuando Kuhn no lo dijera explícitamente, un periodo mixto y confuso de *crisis* entre esos periodos.) Los periodos de ciencia normal en una disciplina generalmente son bastante más largos que los revolucionarios. Aquí van algunos ejemplos: la astronomía llamada "ptolemaica" (es decir, geocéntri-

ca) desde el siglo V a.C. hasta mediados del siglo XV; la mecánica newtoniana desde el siglo XVII hasta comienzos del XX; la química daltoniana durante el siglo XIX; la genética mendeliana desde la Primera Guerra Mundial hasta mediados de la década de los cincuenta. En cambio, la construcción de un sistema heliocéntrico por parte de Copérnico, de la nueva dinámica por Newton, de la teoría de la oxidación de Lavoisier, de la teoría de la relatividad por Einstein, corresponden a fases revolucionarias, comparativamente breves, ya que sólo duran algunos años. Después de un periodo de ciencia normal llega una crisis, que se resuelve por una revolución, a la cual sucede otro periodo de ciencia normal. Las estructuras y los contenidos de la ciencia normal y de la ciencia revolucionaria son completamente diferentes. Veamos en qué consisten.

Según Kuhn, lo que caracteriza un periodo de ciencia normal es que se trata de una fase donde la investigación científica en una disciplina cualquiera es enteramente dominada por una suerte de estructura conceptual muy general, pero difícil de precisar, que no está puesta jamás en duda y que pasa sin modificaciones de una generación de investigadores a la siguiente. En la primera edición de su libro, Kuhn llama "paradigma" a esta estructura. Criticado por el uso excesivamente vago y equívoco de este término, propuso uno nuevo en la segunda edición, a saber, el de "matriz disciplinaria", e intentó precisar un poco sus componentes esenciales. Volveremos a la descripción que da Kuhn de estos componentes. Pero casi todos los comentadores han continuado hablando de "paradigma" y es éste el término que se ha hecho famoso. Continuaremos empleándolo, aun cuando pensemos, junto con Kuhn, que convendría más usar el de "matriz disciplinaria".

Kuhn habría podido emplear también el término "teoría". Si evitó deliberadamente esta terminología no fue por afán de originalidad, sino porque conocía bien el uso que de él hacían los filósofos de la ciencia de su tiempo. Hemos visto ya que, para los filósofos clásicos de la ciencia, una teoría es un sistema de axiomas con sus consecuencias lógicas. Kuhn juzgó que este concepto era demasiado restrictivo, y demasiado neutro al mismo tiempo, para designar el género de estructura conceptual que impera en un periodo de ciencia normal. Un paradigma o una matriz disciplinaria es algo mucho más "fuerte", más "dramático", también más difícil de definir que una simple teoría como sistema de enunciados. Un paradigma es una suerte de "visión del mundo".

En su apéndice a la edición de 1970, donde introdujo el término de "matriz disciplinaria" y trató de precisarlo, Kuhn caracteriza esta entidad como una estructura global articulada por cuatro géneros de componentes ligados entre sí que constituyen en conjunto la identidad de una tradición de investigación. Hay, en primer lugar, lo que llama "generalizaciones simbólicas" y que también podríamos llamar "principios esquemáticos fundamentales" o "principios-guía". Entiende por tales fórmulas muy generales que, en sí mismas, no tienen un contenido empírico concreto, de tal suerte que pueden ser fácilmente confundidas con definiciones o principios analíticos; pero no lo son, pues son indispensables para la investigación empírica en el sentido en que fijan el *tipo* de leyes empíricas concretas que es necesario contemplar para explicar los fenómenos. El ejemplo clásico de "generalización simbólica" en el sentido kuhniano es el segundo principio de la mecánica de Newton, "$f = m \cdot a$". En sí misma, y tomada aisladamente, esta fórmula no es ni verificable ni falsable, sino que sugiere la forma que debe adoptar toda ley mecánica del movimiento para poder ser admitida y para ser confrontada con la experiencia. No es necesario suponer que una "generalización simbólica" se exprese en forma de ecuación matemática. Puede expresarse también en un lenguaje "normal", no cuantificado; podríamos, por ejemplo, interpretar el principio de variación y de selección en la teoría darwiniana de la evolución de las especies como una "generalización simbólica" en el sentido kuhniano.

El segundo componente de un paradigma se compone de lo que Kuhn llama "modelos" de la investigación científica. La palabra "modelo" se emplea aquí no en el sentido de la lógica formal, sino antes bien en el sentido de una interpretación intuitiva o visualización del dominio de fenómenos que se quiere analizar y que guía la investigación en un sentido determinado. Kuhn distingue dos clases de modelos. Hay unos que son simplemente analogías *heurísticas*, sin que se consideren literalmente representaciones fieles de la realidad estudiada; un ejemplo podría ser la visualización de un gas como un sistema constituido por pequeñas esferas elásticas que se mueven muy rápidamente y chocan entre sí; otro ejemplo, la representación de los fenómenos mentales como reglas de un programa de ordenador. Existen, además, modelos *ontológicos*: aquellos que son considerados literalmente y que fijan los "compromisos ontológicos" (para retomar la expresión de Quine) de investigadores en un dominio determinado, por ejemplo, la representación del espacio como un continente vacío, absoluto e infinito en la mecánica newtoniana. En

todos los casos, estos dos tipos de modelos tienen por función no sólo guiar la investigación de una manera intuitiva, sino también decidir si la solución propuesta a un problema dado es o no aceptable.

Un tercer componente de los paradigmas está constituido, según Kuhn, por los "valores normativos". Son criterios axiológicos empleados por los investigadores para evaluar las propuestas teóricas planteadas o los resultados empíricos obtenidos. Puede tratarse de criterios internos o criterios externos a la actividad científica. Entre los criterios internos se cuentan la simplicidad de las leyes propuestas, su coherencia con otras leyes o teorías, la exactitud en las observaciones efectuadas o la controlabilidad de los experimentos de laboratorio. Entre los criterios externos, se cuentan la utilidad social o económica de la teoría propuesta o su compatibilidad con concepciones ideológicas, metafísicas, religiosas aceptadas por la comunidad en general. Los valores que constituyen la base de un paradigma determinado están casi siempre implícitos; sin embargo, en periodos de crisis o de "ciencia revolucionaria", se discuten de forma explícita, por lo que a menudo se proponen nuevos valores.

El último componente de los paradigmas consiste en lo que Kuhn llamaba "ejemplares" (*exemplars*). Junto con las generalizaciones simbólicas, los ejemplares constituyen la parte esencial de un paradigma, ya que constituyen su identidad propia. Paradigmas diferentes pueden compartir modelos o algunos valores, pero no las generalizaciones simbólicas y, sobre todo, no los ejemplares. Esto constituye quizá la contribución más original de Kuhn al análisis de la dinámica de las teorías, si bien su caracterización conceptual resulta un poco vaga en sus escritos. La caracterización más general que se puede dar es la de que se trata de casos particularmente reveladores de la aplicación de un paradigma a un dominio de investigación determinado. Muy frecuentemente, son también los primeros ejemplos históricos en los cuales el paradigma mostró su eficacia y representan casos especialmente importantes para la comunidad científica. Se transmiten de una generación a otra de investigadores, y los estudiantes los aprenden en los libros de texto. Sirven de modelos para casos ulteriores. De hecho, el término "paradigma" convendría mejor a este componente de una matriz disciplinaria. Todos los otros casos de aplicaciones sucesivas de la teoría deben concebirse por analogía con estos ejemplares. Es el papel que tiene, por ejemplo, la órbita de Marte en el paradigma kepleriano o el cometa Halley en la mecánica newtoniana o aun los guisantes de Mendel en la genética clásica.

Las generalizaciones simbólicas y los ejemplares, aun siendo de diferente naturaleza, son indisociables en la constitución de la identidad de un paradigma. Por un lado, las primeras, tomadas aisladamente, son sólo esquemas formales sin significación empírica; obtienen esta significación justamente cuando se puede mostrar que son cruciales para dar cuenta de ejemplos en tanto que casos de aplicación de leyes. Por otro, la importancia de los ejemplares no es intrínseca (no es muy importante para la humanidad en general saber dónde se encontrará el cometa Halley el próximo año o constatar la forma de los guisantes de una generación a otra), sino que proviene del hecho de que muestran de una manera particularmente impresionante la eficacia de las leyes fundamentales del paradigma para explicar la naturaleza. Los ejemplares constituyen, pues, lo esencial de la base empírica de una teoría. Es por este motivo que Kuhn mismo destacó que, en su concepción, la relación entre generalizaciones simbólicas y ejemplares tenía una función parecida a la de las reglas de correspondencia en la concepción clásica.

Sobre la base de esta exposición de la noción kuhniana de paradigma, es fácil constatar que, contrariamente a una opinión bastante extendida, la teoría de Kuhn no propone solamente un análisis diacrónico de las disciplinas científicas, sino también una concepción sincrónica válida al menos para los periodos de ciencia normal. En estos periodos, la unidad estructural fundamental de una disciplina no es otra cosa que una matriz disciplinaria, pudiendo ésta estar explicitada, incluso parcialmente formalizada, en una perspectiva meramente sincrónica.

Pasemos ahora a la perspectiva diacrónica. Hemos visto que, en un periodo de ciencia normal, la investigación está dominada por un paradigma que jamás se pone en duda. Se trata de una suerte de dogma más o menos implícito de los investigadores, los cuales no se ocupan ni de falsarlo ni de determinar su probabilidad, puesto que están convencidos de que funciona bien. El paradigma es el presupuesto, no el fin de la investigación. Entonces se plantea una pregunta: ¿qué hacen los investigadores durante el periodo de ciencia normal? ¿Cuál es el objetivo de su investigación? A esta pregunta Kuhn responde también de una manera completamente nueva: la actividad de los científicos "normales" consiste en lo que él llama, por analogía, la "resolución de rompecabezas" (*puzzle-solving*). Se trata de mostrar la pertinencia del paradigma cuando se lo enfrenta a situaciones cada vez más complejas. Por analogía con los ejemplos ya existentes, se contemplan nuevos casos de aplicación del paradig-

ma y leyes cada vez más específicas, compatibles con los principios fundamentales, se construyen para dar cuenta de los casos nuevos; todo esto, de acuerdo siempre implícitamente con los modelos y valores constitutivos del paradigma. Su contenido tanto teórico como empírico se va volviendo así cada vez más amplio y articulado.

En esta actividad de la resolución del rompecabezas que es característica del periodo de ciencia normal surgen casos de aplicación pretendida que parecen ser análogos a los ejemplares, pero que, en un primer momento, no dejan integrarse al paradigma. Para la metodología popperiana, esto equivaldría a enfrentarse con una falsación del paradigma. Sin embargo, Kuhn muestra, con numerosos ejemplos históricos apoyándole, que no hay nada de eso en la práctica científica real. Esos casos recalcitrantes son simplemente clasificados como "anomalías" y se continúa aplicando el paradigma en los otros casos esperando encontrar un día la manera de resolverlas por medio de algún refinamiento del paradigma. Si ese día tarda en llegar y el paradigma continúa funcionando bien en muchos otros casos, la anomalía en cuestión simplemente se olvida. Es sólo cuando las anomalías se acumulan y, sobre todo, cuando aparecen en un dominio considerado muy importante, por una u otra razón, cuando los defensores del paradigma comienzan a hacerse preguntas sobre él. Entonces y sólo entonces, el paradigma entra en *crisis* (lo que no significa que vaya a ser abandonado). Una de las tesis principales de Kuhn, que va directamente en contra de la metodología popperiana, es que jamás se abandona un paradigma que ya ha dado buenos frutos si uno no lo puede reemplazar por otro.

A veces, la crisis puede ser finalmente resuelta de una manera o de otra en el marco del paradigma aceptado. En otras ocasiones, en cambio, un *happy end* parece cada vez más improbable, una parte de la comunidad científica comienza a dudar seriamente del valor de este paradigma. Es entonces cuando puede ocurrir una *revolución científica*: una minoría de investigadores –a menudo uno solo– decide cambiar completamente de paradigma, desplazando radicalmente su punto de vista, abandonando las generalizaciones simbólicas precedentes y proponiendo principios nuevos e incompatibles con los anteriores, a veces también nuevos modelos y valores. Si muestran que el nuevo sistema conceptual es capaz de dar cuenta de las anomalías y convencer a sus colegas (generalmente tras acalorados debates), lo que antes se consideraba una anomalía más o menos exótica pasa a ser un ejemplar absolutamente fundamental y se olvidan los viejos ejemplares o se consideran hechos secundarios. Así

nace un nuevo paradigma, comienza a establecerse una nueva tradición de ciencia normal.

Dos aspectos de la descripción kuhniana de las revoluciones científicas resultaron especialmente impactantes. En primer lugar, el hecho ya mencionado de que una revolución científica no proviene en absoluto de una *refutación* del viejo paradigma por la experiencia, sino más bien de la concepción de un nuevo paradigma en competencia. Luego, la determinación que Kuhn efectuó de la relación entre el viejo paradigma y el nuevo; según él, no hay ninguna relación lógica, formalizable entre ambos; el uno no puede ser *reducido* al otro ni tampoco son mutuamente contradictorios en el sentido lógico. La razón es simple: la reinterpretación de los conceptos más fundamentales que propone el nuevo paradigma, que está esencialmente dada por la descripción de nuevos ejemplares, es tan radical que no podemos decir que se refiera a la misma clase de objetos; hablan de cosas completamente diferentes. Ni siquiera existe la posibilidad de recurrir a un lenguaje observacional común que, en cuanto instancia imparcial, permita comparar los dos paradigmas. Retomando una tesis avanzada ya unos años antes por Hanson, y corrientemente descrita como la *carga teórica de la observación*, Kuhn arguye que cada paradigma tiene su propio lenguaje observacional, que presupone ya una toma de partido en favor de los conceptos que le son propios. De hecho, la noción misma de lenguaje observacional en tanto que instancia universal de verificación –noción tan cara a la concepción de los dos niveles sostenida por la filosofía clásica de la ciencia– pierde todo su sentido.

Sin embargo, el viejo paradigma y el nuevo siguen teniendo una relación particular entre sí. Para designar esta nueva relación interteórica, Kuhn emplea el término de "inconmensurabilidad". Dos paradigmas en competencia son *inconmensurables* –lo que, por otra parte, no equivale a decir que son *incomparables*–. Desafortunadamente, nunca intentó explicitar sus criterios según los cuales dos paradigmas inconmensurables podían ser comparados. Puesto que ya no es factible recurrir a descripciones "neutras" de observación, no resulta evidente cómo determinar la base de comparación.

La tesis de la inconmensurabilidad entre paradigmas es uno de los aspectos más famosos de la concepción kuhniana y el que ha suscitado las más vivas discusiones durante más de treinta años. Otro autor, Paul K. Feyerabend, de quien hablaremos a continuación, sostuvo una tesis parecida (con matices y argumentos un tanto diferentes) independientemente de Kuhn y casi simultáneamente. Es por

esto que a esta tesis se la conoce como "tesis de Kuhn-Feyerabend". Su interpretación más común es la que dice que conduce a una visión relativista o, incluso, irracionalista de la dinámica científica, al menos en lo que respecta a las grandes sacudidas reconocidas como "revoluciones científicas". Sin base semántica u observacional común que permita comparar dos paradigmas separados por una revolución científica, toda decisión a favor de uno u otro de esos paradigmas parece reducible a una cuestión de "gusto" o, peor aún, a pulsiones irracionales comparables a las que son responsables de las luchas políticas o religiosas. En su dinámica propia, la ciencia no procedería en un modo sustancialmente diferente del de ideologías y religiones. La descripción sociopsicológica que Kuhn emplea para describir la situación de la comunidad científica durante un periodo revolucionario (con términos como "conversión", "diálogo de sordos", "argumentos de autoridad", "muerte física de los partidarios del viejo paradigma para permitir el surgimiento del nuevo", etc.) parece confirmar esta interpretación. Sin embargo, él siempre negó que propugnara una forma de relativismo o irracionalismo y, en sus escritos posteriores a *La estructura de las revoluciones científicas*, a veces intentó eliminar esta sospecha y mostrar que de todas formas se podrían encontrar buenas razones para preferir un paradigma a otro. Dicho esto, hay que admitir que la mayor parte de sus admiradores así como de sus detractores continúan interpretando su concepción y, particularmente, la tesis de la inconmensurabilidad, como una forma radical de relativismo epistemológico. A partir de la publicación del libro de Kuhn muchos jóvenes investigadores convencidos de lo apropiado de su descripción de la dinámica científica dedujeron consecuencias mucho más radicales de lo que él mismo había previsto: habiéndose vuelto obsoleta la idea misma de una epistemología o de una filosofía general de la ciencia, sólo quedaría una especie de historia sociológica de la ciencia, donde tan sólo se trataría de describir la investigación científica en todos sus dominios como una sucesión ininterrumpida de "luchas de poder", de "golpes bajos", de "negociaciones", de "engaños", etc. Los enfoques conocidos con el nombre de *etnometodología* o *Escuela de Edimburgo*, que surgieron durante los años setenta y los años ochenta, son ejemplos de estas interpretaciones relativistas o sociologistas del "paradigma" kuhniano. Hacia el fin de su vida, el propio Kuhn lamentó en vano el giro que tomó la interpretación de sus ideas.[1]

[1] Es esto lo que destaca, por ejemplo, en sus notas autobiográficas en la tercera parte de su obra póstuma, *The Road since Structure*.

Más aún que en la obra de Kuhn, el relativismo epistemológico es explícito y radical en otro autor que también forma parte de los orígenes de la filosofía historicista de la ciencia: Paul K. Feyerabend (Austria, 1924–1999), quien muy pronto pasó al otro lado del Atlántico. Feyerabend se formó en la tradición clásica de la filosofía de la ciencia. Su enfoque, aunque bastante crítico ya en sus comienzos, se presenta en un marco conceptual y metodológico cercano al de los filósofos precedentes, principalmente Popper. Su primer artículo importante, "Das Problem der Existenz theoretischer Entitäten" [El problema de la existencia de las entidades teóricas], trata del problema clásico de los términos teóricos y critica la concepción de los dos niveles. En él, defiende la idea de que todos los conceptos que figuran en una teoría científica son, de hecho, teóricos y que debemos cesar de presuponer la existencia de un lenguaje observacional universal y "neutro". Su tesis es cercana a la tesis de la carga teórica de los conceptos observacionales, defendida también, lo hemos visto ya, por Hanson y Kuhn. Sin embargo, como buen filósofo analítico, su argumentación es más semántica que histórica. A continuación, casi al mismo tiempo que la aparición del libro de Kuhn, en 1962, Feyerabend publicó un largo artículo sobre el problema de la reducción ("Explanation, Reduction, and Empiricism"), donde criticó la concepción clásica de la reducción como deducción. Razona aquí desde un punto de vista semántico y metodológico más que histórico, aunque analiza en detalle algunos ejemplos de supuestas reducciones en las ciencias físicas. Independientemente de Kuhn también llegó a la conclusión según la cual las teorías que están aparentemente en una relación de reducción son semánticamente inconmensurables, puesto que, en este género de sustitución de una teoría por otra, se produce un cambio radical de significado de los conceptos fundamentales (es la llamada tesis del *radical meaning variance*); a menudo los términos que utilizaron son idénticos, y es esto lo que nos conduce a la creencia errónea de que expresan los mismos conceptos.

Los ataques contra la filosofía de la ciencia clásica y, sobre todo, contra la metodología popperiana, se vuelven aún más virulentos en los escritos posteriores de Feyerabend, el más conocido de los cuales, incluso fuera del círculo de los especialistas, es *Against Method* (1970) [Contra el método] . En éste propugna lo que llama "un anarquismo metodológico", según el cual sería por completo nocivo para la ciencia y para la cultura en general querer establecer reglas generales y explícitas de investigación. Su eslogan, que llegó a ser

célebre, "*Anything goes!*" ("¡Todo vale!"), resume toda su filosofía. El objeto de sus ataques es, en efecto, toda forma de filosofía *normativa* de la ciencia. Por esto, se convirtió en el defensor más decidido de una epistemología relativista, e incluso *irracionalista*, aunque su propio discurso, lleno de bromas, de sarcasmos y de provocaciones sea más bien "bonachón"...

Feyerabend tuvo una influencia muy fuerte, primeramente en los medios de la "contracultura" de los años setenta, después en los comienzos de los "estudios sociales de la ciencia" (*social studies of science*) de los años ochenta; pero esta influencia ha sido mucho más limitada en la filosofía de la ciencia, por no hablar de las ciencias mismas –lo cual no es sorprendente y el mismo Feyerabend lo previó–. Es poco probable que quisiera que se le tomara en serio cuando afirmaba que la "teoría" del vudú o la de la brujería tienen el mismo valor epistémico que las mejores teorías de la física contemporánea.[2] Pero el problema más importante relativo a las tesis metodológicas de este autor es el mismo que tienen todos los relativistas epistémicos: llevan a un callejón sin salida. En efecto, si el principio "todo vale" es válido para el discurso científico, uno se pregunta por qué no habría de valer también para el discurso *meta*científico; y, por consiguiente, uno no entiende lo que Feyerabend y sus partidarios pudieron tener en contra de Carnap, Popper y los demás autores de la concepción clásica. Si es verdad que "todo vale", entonces cada uno podría haber continuado fácilmente dentro de su género de análisis epistemológico preferido como si nada hubiera pasado –justamente lo que han hecho los filósofos de la ciencia después de Feyerabend...–

A partir de mediados de los años sesenta, la controversia entre Kuhn y Feyerabend, por un lado, y los popperianos por otro, se hizo cada vez más "viva". Para Popper y sus discípulos, Kuhn y Feyerabend proponían una visión irracionalista y dogmática de la ciencia que debía ser combatida por todos los medios, puesto que representaba un peligro para el futuro del bastión más sólido de la racionalidad humana, las ciencias naturales. La polémica adquirió tintes de combate ideológico, casi religioso, sobre todo del lado de Popper

[2] Es curioso que en sus repetidas defensas a favor de "teorías alternativas" como la teoría del vudú o la de la brujería, Feyerabend no menciona la teoría "creacionista", según la cual el mundo fue creado hace sólo algunos miles de años por una potencia sobrenatural –"teoría" que ha sido y continúa siendo muy popular en su país de residencia, Estados Unidos–. Quizá este ejemplo era un tanto embarazoso para un intelectual "progresista" y materialista como él...

mismo y de algunos de sus discípulos, mientras que Kuhn, por su parte, respondía a los ataques diciendo que había sido mal interpretado, y Feyerabend replicaba con sus sarcasmos habituales sobre la esterilidad del normativismo popperiano.

Un antiguo discípulo de Popper, Imre Lakatos (Hungría/Reino Unido, 1922–1974), que aunque de origen húngaro emigró al Reino Unido tras la represión soviética de 1956 en Hungría, intentó actuar como "mediador" entre Popper y Kuhn, proponiendo una suerte de "falsacionismo sofisticado", que combina la idea popperiana de la falsación con algunos elementos de la descripción kuhniana de la dinámica científica, sin aceptar, sin embargo, los aspectos considerados más discutibles de la concepción de Kuhn, como el supuesto carácter dogmático de la ciencia normal o el supuesto relativismo a que conducía la tesis de la inconmensurabilidad. Lakatos no pudo convencer a Popper y sus discípulos más próximos de los elementos positivos contenidos en el enfoque de Kuhn —al contrario, él mismo fue considerado un traidor a la causa popperiana—; pero el resultado de su intento de síntesis fue una nueva concepción de la estructura diacrónica de la ciencia, que implícitamente está más cerca de Kuhn que de Popper, pero que propone elementos de análisis originales y, quizá, empíricamente más adecuados que los de Kuhn. Se trata de la concepción que Lakatos mismo bautizó como "metodología de los programas de investigación científica". Su escrito más importante, donde presenta esta nueva concepción, es un largo ensayo titulado precisamente "La falsación y la metodología de los programas de investigación científica", publicado por primera vez en 1970. A pesar de su longitud Lakatos consideraba esta presentación como un esbozo. Tenía la idea de desarrollarla de una manera más detallada y de armarla mejor en contra de las críticas en una monografía más larga que se había de llamar, haciendo una clara referencia a la obra de Popper, *The Changing Logic of Scientific Discovery* [La lógica cambiante de la investigación científica]. Murió prematuramente a mediados de los años setenta, y no pudo terminar este proyecto.

Lakatos retoma de Popper la idea según la cual el motor de la investigación está constituido por intentos repetidos de poner a prueba una concepción científica; hay que mostrar más lo que no funciona que lo que funciona, por un procedimiento en el que es irremisiblemente puesta a prueba. Sin embargo, las unidades básicas del conocimiento científico no son, como en Popper, hipótesis aisladas, ni tampoco teorías como conjuntos axiomáticos de hipóte-

sis, sino más bien estructuras conceptuales mucho más vastas que normalmente duran mucho más tiempo y son caracterizadas justamente como *programas de investigación.* Los conflictos que surgen en el desarrollo de una disciplina no son conflictos entre una hipótesis y los hechos, sino más bien conflictos entre una *teoría interpretativa* que constituya la base (provisional) de los hechos y una *teoría explicativa* que debe dar cuenta de esos datos. O de manera más precisa aún, para usar las propias palabras de Lakatos: "no es que nosotros propongamos una teoría y la naturaleza pueda gritar 'NO'; se trata, más bien, de que proponemos un entramado de teorías y la naturaleza puede gritar 'INCONSISTENTE'."[3] Los investigadores intentan, entonces, resolver este conflicto modificando algunos elementos de esta red, pero no todos. De esta manera aparece en el curso de la historia una sucesión de teorías vinculadas entre sí por su pertenencia a un mismo programa de investigación, que posee desde entonces una impresionante continuidad. Esta continuidad está esencialmente determinada por un "núcleo duro" (*hard core*) que no cambia en el curso de las sucesivas confrontaciones. Este núcleo está asociado a dos tipos de reglas metodológicas esquemáticas, a las que Lakatos llama "heurística negativa" y "heurística positiva". La primera define los elementos del programa, que en cierto sentido son "intocables" –los que justamente deben formar parte del núcleo–; mientras que la heurística positiva construye alrededor del núcleo un "cinturón protector" (*protecting belt*) constituido por hipótesis que sí pueden ser confrontadas con los hechos de la experiencia y modificadas, o incluso abandonadas, en caso de conflicto.

El resultado de la aplicación de esta doble metodología hace aparecer la estructura diacrónica de una teoría científica o, más precisamente, siguiendo la terminología de Lakatos, de un programa de investigación –una estructura se compone de un núcleo duro, no modificable, y de una periferia cambiante–. Esta visión de la dinámica científica muestra una analogía bastante fuerte con la evolución de un paradigma durante un periodo de "ciencia normal", según Kuhn. Los conceptos metateóricos empleados por Lakatos y por Kuhn son diferentes, aunque la estructura que los dos autores intentan identificar es prácticamente idéntica. No obstante, existen también algunas diferencias significativas entre estos dos modelos. Seguramente la más importante es que Lakatos no lleva a cabo un

[3] I. Lakatos, *The Methodology of Scientific Research Programmes*, p. 45; trad. esp., p. 62.

análisis de las revoluciones científicas y tampoco acepta la tesis de la inconmensurabilidad: ciertamente puede haber en una misma disciplina diferentes programas de investigación en competencia, pero pueden compararse sin problema sus respectivos méritos y sus defectos; no cabe suponer una "ruptura semántica" entre ellos. Es más, Lakatos considera que la descripción kuhniana de la "ciencia normal" es excesivamente unilateral: según Kuhn, un solo paradigma regiría la investigación científica durante un periodo determinado y sólo durante los breves periodos de revolución dos paradigmas competirían. Para Lakatos, al contrario, la situación normal es más bien cuando, dentro de una misma disciplina, varios programas de investigación entran en competencia. Y los ejemplos históricos que examina le dan la razón. En lugar del reemplazo casi inmediato de un paradigma por otro, Lakatos propone una tipología evaluativa de los programas de investigación en competencia: durante un periodo determinado, un programa puede ser *progresivo*, mientras que el otro es *regresivo*, lo que esencialmente quiere decir que el primero permite hacer cada vez más predicciones exitosas, en tanto que el otro sólo es capaz de dar explicaciones *ad hoc* de nuevos hechos observados. Sin embargo, la distinción entre programas progresivos y regresivos es siempre relativa y provisional: un programa que al principio tiene un éxito real rápidamente puede entrar en una fase de decadencia, mientras que otro programa que ha "pasado por un mal periodo", puede "resucitar" tiempo después.

La controversia entre Popper, Kuhn, Feyerabend y Lakatos sobre el tema del modelo adecuado de la dinámica de la ciencia ocupa buena parte de la escena de la filosofía de la ciencia a finales de los años sesenta y durante los setenta. Podemos resumir las características de esta controversia y las diferencias y similitudes entre estos autores de la siguiente manera. La voluntad de modelizar la dinámica de la ciencia es común a todos ellos; sin embargo, existen divergencias importantes en la manera de concebir esta tarea. En Popper prima el punto de vista normativo y no la historia real de la ciencia, puesto que desea distinguir claramente entre "buena" y "mala" ciencia (en esto se acerca aun a la motivación de los positivistas lógicos); en cambio, el punto de vista normativo es mucho más débil en Lakatos, prácticamente inexistente en Kuhn y, se transforma en un punto de vista "antinormativo", por así decirlo, en Feyerabend, con su "anarquismo metodológico". Para estos autores, y sobre todo para Kuhn y Lakatos, la historia de la ciencia debe tomarse en serio; sus escritos están repletos de análisis muy detallados de casos histó-

ricos para ilustrar sus tesis. Para ellos, no es la lógica, sino más bien la historiografía de la ciencia la disciplina auxiliar *par excellence* de la filosofía de la ciencia.

Consecuencia de este cambio de perspectiva *metametodológica*: los autores más jóvenes bajo la influencia de estos pensadores tuvieron a continuación una tendencia a subrayar más aún la importancia de la historia de la ciencia para la epistemología, a veces hasta el punto de abandonar completamente la filosofía de la ciencia en favor de una historiografía pura y dura de la ciencia. Es una evolución parecida a la que caracterizó la epistemología francesa de entreguerras. Ahora bien, es poco probable que los grandes protagonistas de la fase historicista, encabezados por Kuhn y Lakatos, hubieran estado satisfechos con este giro puramente historiográfico emprendido por sus discípulos y continuadores. Kuhn guardó siempre un sincero respeto por la filosofía sistemática de la ciencia, incluso en su versión "formalista", como lo prueba, por ejemplo, su muy positiva reacción ante la concepción estructuralista de Sneed y Stegmüller, expresada en un artículo de 1976 que apareció en *Erkenntnis* o, más tarde, en una entrevista que dio poco antes de su muerte y la cual se publicó póstumamente.[4] Lakatos reflexionó mucho, hacia el final de su vida, sobre la naturaleza de las relaciones entre la filosofía sistemática de la ciencia y la historia de la ciencia, y se le debe una célebre paráfrasis de una frase también célebre de Kant: "La reconstrucción racional [de la ciencia] sin historia de la ciencia es vacía; pero la historia de la ciencia sin reconstrucción racional es ciega."[5]

Otro autor, Larry Laudan (Estados Unidos, nacido en 1941), quien sin duda pertenece a la corriente historicista, se propuso explícitamente evitar las trampas del relativismo. Laudan retoma las perspectivas abiertas por Kuhn y Lakatos, y desarrolla una verdadera filosofía diacrónica de la ciencia, apoyándose en numerosos estudios de caso, pero con el objetivo de alcanzar una visión sistemática. Desde un punto de vista puramente biográfico, Laudan no pertenece a la generación de Kuhn y Lakatos, pues su primera obra importante, *Progress and its Problems* [El progreso y sus problemas], apareció en 1977; pero sin duda forma parte de lo que hemos llamado "corriente historicista" por su enfoque. Laudan desarrolla una metateoría diacrónica de la ciencia, que es más sistemática, aunque también más matizada y menos polémica que las de Kuhn o Lakatos.

[4] Véase T.S. Kuhn, *The Road since Structure*, pp. 317-319; trad. esp. 367-369.

[5] I. Lakatos, *The Methodology of the Scientific Research Programmes*, p. 102; trad. esp., p. 134.

La noción básica en la concepción de Laudan es la de *tradición de investigación*. Designa la entidad fundamental para comprender la estructura diacrónica de la ciencia. La pone explícitamente en relación con los paradigmas de Kuhn y los programas de investigación de Lakatos, y subraya las similitudes, así como el hecho de que la noción que él propone está mucho más articulada y que, por tanto, resulta más adecuada al material histórico que sus "parientes cercanas" en los otros autores.

Laudan observa que lo que comúnmente se llama una "teoría científica" debe ser concebida de antemano como una red de proposiciones y conceptos, pero que hay que distinguir entre dos tipos esencialmente diferentes de red. El primer tipo (más "pequeño") está constituido por un conjunto relativamente bien delimitado de leyes y de hipótesis, bien articuladas las unas con las otras, empleadas para efectuar predicciones experimentales u ofrecer explicaciones de fenómenos en un dominio también bien delimitado. Ejemplos de tales redes proposicionales son la óptica newtoniana, la electrodinámica de Maxwell, la teoría de Bohr sobre la estructura del átomo o la teoría de la plusvalía de Marx. Sin embargo, se puede igualmente detectar en la estructura diacrónica global de la ciencia otro tipo de red, mucho más vasto, constituido por doctrinas o presuposiciones más generales y que no son directamente comprobables por la experiencia. Los ejemplos que da Laudan son la teoría de la evolución, la teoría atómica o la teoría cinética de los gases. Reconoce que el mérito de Kuhn y Lakatos es haber comprendido la importancia de la presencia de esta clase de estructuras conceptuales muy generales en la evolución de las ciencias, aunque señala que sus análisis son aún demasiado simplificados y, por tanto, inadecuados. Son estas estructuras conceptuales generales las que orientan la investigación científica y que Laudan quiere subsumir bajo la descripción de "tradiciones de investigación". Para él, se componen de:

1) cierto número de *presupuestos* muy generales compartidos por todos los miembros de la tradición. Estos presupuestos son de dos tipos: a) *compromisos metafísicos*, es decir, creencias *a priori* sobre el género de entidades o procesos que constituyen el dominio de la investigación (por ejemplo, los átomos en ciertas tradiciones de la física); b) *normas epistémicas* y *metodológicas*, es decir, normas que rigen la manera de someter las hipótesis a prueba, de recopilar los datos, etcétera.

2) un cierto número de *teorías específicas* que son compatibles con los elementos de 1) y que pueden ser contrastadas con la experiencia. Laudan subraya que estas teorías específicas no están en una relación deductiva con los presupuestos de 1), es decir, que no son su consecuencia lógica. La relación de compatibilidad es mucho más débil que la de deducibilidad.

3) un cierto número de *problemas por resolver* (o *ya resueltos*). Estos pueden aún ser de dos tipos: a) *problemas empíricos*, que suponen la aplicación de las teorías específicas al dominio de la investigación; b) *problemas conceptuales*, que resultan de algunas contradicciones internas o ambigüedades en ciertas teorías específicas, o tensiones entre una teoría específica y otra, o conflictos con presupuestos metafísicos y/o metodológicos.

El análisis de la estructura general de las tradiciones de investigación en los términos de estos componentes es, en principio, puramente sincrónica; Laudan le añade una dimensión diacrónica haciendo dos observaciones suplementarias: a) las tradiciones de investigación son entidades "genidénticas" en el sentido de que su formulación cambia con el tiempo histórico a raíz de los problemas encontrados —este cambio de formulación afecta sobre todo algunas de las teorías específicas, pero a veces también a los presupuestos generales—; b) la coexistencia de varias tradiciones de investigación en competencia en el curso de un mismo periodo es más bien la regla que la excepción (contrariamente a la hipótesis de Kuhn y más en concordancia con Lakatos).

La concepción general, ofrecida por Laudan, de las estructuras diacrónicas de la ciencia y de su base sincrónica está, sin duda, más articulada y detallada que la de los historicistas precedentes, y probablemente sea más útil para orientarnos en el análisis de casos concretos. Sin embargo, sufre igualmente de una carencia de precisión conceptual y metodológica, que hace problemática su aplicación y su control frente a los ejemplos. Nos limitaremos a señalar dos dificultades que aparecen de manera bastante evidente cuando se quiere aplicar sistemáticamente el marco metateórico de Laudan. Primeramente, sería deseable tener una visión más clara de la relación entre los componentes 1) y 2) de cada tradición de investigación, es decir, entre los presupuestos generales de orden metafísico y metodológico, de un lado, y las teorías específicas, de otro. Se puede aceptar fácilmente que esta relación no pueda ser una deducción formal; pero afirmar que las teorías específicas deben ser "compati-

bles" o "coherentes" con los presupuestos generales es insuficiente. Cualquier teoría específica puede ser concebida como compatible con presupuestos generales mientras no esté en contradicción lógica con ellos, lo que convertiría la noción misma de tradición de investigación en algo casi carente de sentido. Otra dificultad, quizá más grave aún para la práctica reconstructiva del metateórico que emprende un análisis del material histórico, consiste en que Laudan no da ningún criterio operacional preciso para distinguir el nivel de las teorías específicas del de los presupuestos generales. Puesto que las teorías científicas no son casi nunca directamente verificables por la experiencia, el criterio de tests empíricos es claramente insuficiente. Por consiguiente, frente al ejemplo concreto de un producto científico históricamente dado, se vuelve bastante difícil clasificarlo con buenos argumentos en un nivel u otro. Para dar un ejemplo, tomemos el caso de la mecánica newtoniana, que seguramente debería ser concebida como una tradición de investigación en el caso de Laudan, y tomemos algunos elementos que forman, sin duda, parte de esta tradición: es razonable, según Laudan, considerar la ley de la gravitación universal como una "teoría específica" de esta tradición. Pero, ¿qué decir de la hipótesis según la cual todas las fuerzas actuantes sobre las partículas dependen de un modo u otro de la distancia que las separa? Esta hipótesis es más general que la precedente, pero todavía más o menos comprobable a partir de la experiencia y la observación. ¿Qué decir del axioma aún más general de la mecánica newtoniana, el "segundo principio", $f = m \cdot a$? ¿Es un presupuesto "metafísico-epistemológico" o una "teoría específica"? Este principio, en sí mismo, no puede ser comprobado por la experiencia. Quizá Laudan estaría dispuesto a clasificarlo en el nivel de los presupuestos generales. Pero, entonces, ¿dónde situar la hipótesis newtoniana aún más general según la cual el universo está constituido en última instancia por partículas dotadas de masa, de fuerzas que actúan entre ellas y por un espacio y un tiempo absolutos? La indeterminación de los niveles de análisis propuestos por Laudan se hace patente desde el momento en que uno intenta aplicarlos a la práctica; este es, probablemente, uno de los motivos por los cuales se le ha seguido poco.

2. *El relativismo socio-epistémico*

El historicismo en filosofía de la ciencia desemboca naturalmente no en una epistemología historicista como tal, sino más bien en el relativismo, o para ser más precisos, en el relativismo sociologista en re-

lación con los conocimientos científicos, es decir, la idea general de que todas las nociones fundamentales comúnmente empleadas para describir el conocimiento científico –tales como *verdad, justificación, racionalidad, realidad,* etc.– son sólo válidas con relación a culturas o comunidades dadas. La hipótesis de base de las investigaciones científicas (implícita en la mayor parte de los investigadores de las ciencias empíricas, explícita en la mayor parte de los filósofos desde la Antigüedad) es que hay que distinguir claramente entre el hecho de que uno *crea* que una proposición es verdadera y el hecho de que *sea* verdadera. El primer hecho puede depender, entre otras cosas, de la cultura o comunidad a la cual el sujeto epistémico pertenece; el segundo, en absoluto. Según la concepción clásica de la noción de verdad, sin la cual la empresa científica tal y como la conocemos perdería su sentido, la proposición "La Tierra es plana" es una proposición falsa y lo ha sido siempre, aparte de que haya otras culturas que todavía lo crean. Para el relativista, lo que sucede es otra cosa: la creencia (colectiva) es el solo criterio de verdad. Para él, una proposición cualquiera que sea verdadera, o racionalmente justificada, en una cultura K, no lo es necesariamente en otra cultura K'. No hay que suponer que haya una instancia superior que nos permita decidir cuál de las dos tiene razón. La proposición "La Tierra es plana" es perfectamente falsa en nuestra cultura occidental, pero si un grupo de aborígenes de Nueva Guinea u otro cualquiera cree que es verdadera, entonces es igualmente verdadera, y punto.

El relativismo tiene una historia milenaria. La primera posición relativista bien documentada en la historia del pensamiento es la de Protágoras, para quien "el hombre es la medida de todas las cosas". Sin embargo, el relativismo contemporáneo se distingue del tradicional en que no preconiza una relatividad de nociones epistémicas en relación con individuos, sino en relación con sujetos colectivos (culturas, comunidades, grupos sociales). En esto se pretende más "progresista" que su predecesor histórico. (El postulado marxista según el cual las ideas filosóficas, o incluso científicas, dependen esencialmente, en su legitimidad, de la clase social a la cual pertenecen los individuos que las sostienen, es una fuente de inspiración tácita, aunque evidente, para el relativismo contemporáneo.)

Llamaremos a esta forma particular de relativismo "relativismo socio-epistémico" en el sentido de que se refiere a las nociones *epistémicas* más fundamentales, y en el que las entidades con respecto a las cuales se relativizan las nociones epistémicas son entidades *sociales*. Hay que subrayar que esta denominación no es habitual.

Se habla más frecuentemente de "constructivismo social" o simplemente de "constructivismo". Sin embargo, puesto que el término "constructivismo" ha sido utilizado en la historia de la filosofía para referirse a otras corrientes (por ejemplo, el kantismo o ciertas concepciones en la filosofía de las matemáticas o la física —pensemos en el "constructivismo" de la Escuela de Erlangen examinado en el capítulo 4—) que no tienen mucho que ver con la posición que queremos discutir ahora, preferimos la denominación de "relativismo socio-epistémico", que nos parece también más adecuada a la forma de pensar que tratamos de describir.

El relativismo generalizado a todos los niveles de la vida y del conocimiento es una manifestación cultural típica del fin del siglo XX. Para emplear una terminología aún recientemente de moda, podemos decir que el relativismo es una de las numerosas manifestaciones de la "posmodernidad". Adoptando el punto de vista sociologista o socio-historicista tan caro a los relativistas contemporáneos, podemos tratar de explicar la gran popularidad de que ellos gozan hoy en día por el choque de culturas y comunidades muy diferentes en un mundo donde la comunicación es cada vez más fácil y, por la misma razón, más conflictiva. En una situación tal, se puede estar tentado de tratar de evitar, o al menos gestionar mejor, estos conflictos sosteniendo que "todo el mundo tiene razón" (*su* razón)... Sin involucrarnos aquí en una especulación "metahistórica" o "metacultural" que iría más allá del alcance de este libro, podemos señalar que sólo cabía esperar, vista la enorme difusión del relativismo en todos los sectores de la cultura, que las posiciones relativistas radicales se manifestaran a su vez en las consideraciones epistemológicas de las ciencias establecidas, independientemente de la evolución precedente de la filosofía de la ciencia.

Dicho esto, podemos igualmente detectar raíces específicas al relativismo socio-epistémico que provienen de las ideas de los autores de la fase historicista de la filosofía de la ciencia, sobre todo de Kuhn y Feyerabend. Si los paradigmas separados por una revolución científica (Kuhn) o las teorías separadas por una relación de reducción (Feyerabend) son "inconmensurables", entonces podemos estar fácilmente abocados a interpretar este estado de cosas como la prueba de que los criterios de verdad, de justificación racional e incluso de realidad son pura y simplemente *internos* a los paradigmas o a las teorías. Cada teoría tiene su propia verdad, sus propios criterios de justificación, su propia realidad. El paso siguiente (solamente implícito en Kuhn y Feyerabend) se da cuando nos preguntamos: si la

instancia que decida la aplicación de criterios de verdad, de justificación y de racionalidad no es una realidad objetiva o una experiencia intersubjetiva y universal, —¿entonces qué es?—. La respuesta que se impone es que esta instancia no puede ser otra que la *comunidad de científicos* que propone y utiliza la teoría en cuestión. El sujeto (colectivo) de la ciencia determina exclusivamente la naturaleza del objeto de la investigación científica. De ahí que el único estudio que tiene sentido en relación con las teorías científicas sea el estudio sociológico de los *usuarios* de estas teorías, con sus prejuicios, rituales, relaciones mutuas, conflictos, "negociaciones". Las disciplinas científicas deben estudiarse de la misma manera que un etnólogo tradicional estudia las costumbres y creencias de una tribu más o menos "exótica". De esta forma, la filosofía de la ciencia se convierte enteramente en una sociología o etnología de la ciencia (es decir, de las comunidades científicas).

Este último paso (que, repito, sólo está implícito en Kuhn y Feyerabend) fue dado explícita y enfáticamente por un cierto número de sociólogos y algunos filósofos de la ciencia. Entre los primeros podemos citar a Bruno Latour (Francia, nacido en 1947), Karin Knorr-Cetina (Austria, nacida en 1944) y, sobre todo, la muy influyente escuela de Edimburgo, cuyos miembros más eminentes son probablemente Barry Barnes y David Bloor (Reino Unido). Entre los filósofos de la ciencia, un caso notable es el de Mary Hesse (Reino Unido, nacida en 1924), filósofa de tendencia más bien "clásica", que intentó aportar al programa de la Escuela de Edimburgo (llamado "el programa fuerte en sociología de la ciencia") precisiones conceptuales y una base argumental en su libro *Revolutions and Reconstructions in the Philosophy of Science* (1980) [Revoluciones y reconstrucciones en la filosofía de la ciencia].

Según Hesse, el núcleo del "programa fuerte" de la Escuela de Edimburgo, con el cual está plenamente de acuerdo, es la negación de lo que ella llama "racionalismo exagerado" (de hecho, es la posición de todos los filósofos de la ciencia no sociologistas) y, por oposición, la adopción del siguiente postulado: "Hay que considerar ahora como conocimiento aquel que es aceptado como tal en nuestra cultura."[6] Si este postulado vale para "nuestra cultura" (aunque, desgraciadamente, Hesse no es muy explícita sobre lo que significa "nuestra cultura"), entonces vale también, por supuesto, para cualquier otra cultura. De donde necesariamente se sigue que el término de "conocimiento" y términos que están íntimamente ligados, como

[6] M. Hesse, *Revolutions and Reconstructions in the Philosophy of Science*, p. 42.

"verdad" y "justificación",[7] tiene sentidos diferentes, e inconmensurables, en culturas diferentes. Lo que vale para el conocimiento a secas vale ciertamente también para el conocimiento *científico*.

Se puede precisar y generalizar el postulado de Hesse y los "edimburgueses" en la formulación que sigue:

> [R] Para una proposición científica cualquiera p, las expresiones "p es verdadera" o "p está justificada" no tienen verdaderamente sentido; lo que tiene sentido es "p es verdadera-en-K" o "p está justificada-en-K", donde K es una cultura dada, y donde las expresiones "verdadero-en-K" y "justificado-en-K" deben ser interpretadas como predicados inanalizables.

Del postulado [R], se sigue que los enunciados "p es verdadera-en-K" y "p es falsa-en-K'", para la misma proposición p y para $K \neq K'$, son perfectamente compatibles, y que representan todo aquello que se puede afirmar sobre p. No hay contradicción alguna. Por tanto, no hay noción universal de conocimiento, ya que por principio no puede haberla, y, por tanto, tampoco hay una noción universal de ciencia.

El programa del relativismo socio-epistémico, tal y como queda sintetizado en el postulado [R], tropieza con graves dificultades conceptuales y metodológicas a la vez. Mencionaré solamente dos, una que es específica a esta forma de relativismo, mientras que la otra tiene un carácter más general. La dificultad específica proviene del papel desempeñado en la formulación del programa. ¿Cuáles son las instancias aceptables para la variable K en el esquema [R]? ¿Cuáles son las dimensiones de estas instancias y cómo se determinan sus límites? ¿Es el conjunto de personas en el mundo que está en posesión de un título universitario un buen ejemplo de una K? ¿O únicamente aquellos que tienen un doctorado en física? ¿O únicamente los que se ocupan de la física del estado sólido? ¿O únicamente los que se ocupan de la física del estado sólido en Japón?... Resulta sorprendente que Hesse y los representantes de la Escuela de Edimburgo, así como los otros epistemólogos sociologistas, no digan absolutamente nada acerca de esta cuestión. Quizá piensan que es tarea de otros sociólogos identificar las diferentes culturas o comunidades epistémicas en el mundo. Pero, entonces, sea cual sea

[7] Habitualmente y desde Platón, se ha definido el *conocimiento* como una "creencia verdadera justificada".

la división en culturas propuesta por un sociólogo, esta división se realizará sin duda desde el punto de vista de la cultura concreta a la cual él pertenece, la cual no ha de ser necesariamente la misma que la de un colega suyo, que quizá proponga entonces una clasificación distinta de las comunidades epistémicas –igualmente válida según el postulado [R]–. En suma, la noción de cultura en el relativismo sociologista permanece como algo tan vago y arbitrario que la posición misma permanece indefinida y completamente incontrolable.

La otra grave dificultad es característica de toda forma de relativismo: se trata del problema de la autorreferencialidad, ya señalado por Platón en su crítica a Protágoras. Si la verdad y la justificación de toda teoría son relativas, entonces la teoría de los relativistas es también una teoría relativa. Hesse y los representantes de la Escuela de Edimburgo son conscientes de esta consecuencia y se atreven a asumirla. En su obra fundacional de 1979, *Knowledge and Social Imagery* [Conocimiento e imaginario social], Bloor afirma la autorreferencialidad como uno de los postulados centrales del "programa fuerte": la metodología y los presupuestos de este programa deben aplicarse a las investigaciones socio-epistémicas mismas, conducidas en el espíritu de este programa. A lo que uno puede simplemente responder que estas investigaciones serán válidas sólo para aquellos que se comprometan con el programa en cuestión. Para otros (entre los cuales me cuento yo mismo), serán tan sólo una manifestación suplementaria, particularmente desafortunada y grotesca, del espíritu relativista que invade ciertos departamentos de ciencias humanas en las universidades occidentales. Y al relativista socio-epistémico, según sus propios postulados, no le queda otra que aceptar esta apreciación (relativa, pero tan válida como la suya).

Habiéndose dado la situación aporética a la que conduce el relativismo en materia epistemológica, no resulta sorprendente que la filosofía de la ciencia en sentido estricto no haya sido apenas proseguida por los autores directamente influidos por la fase historicista, que es la base (o una de las bases) histórica(s) del relativismo socio-epistémico. Se han convertido en sociólogos relativistas "puros y duros", o bien se ocupan de otros temas. En la medida en que los filósofos de la ciencia no han simplemente desarrollado (o retomado) la metodología de lo que hemos convenido en llamar filosofía de la ciencia "clásica", la renovación de la disciplina durante los tres últimos decenios del siglo XX tiene un origen completamente distinto al del historicismo: la teoría formal de modelos de Alfred Tarski y su aplicación a las ciencias empíricas por parte de Patrick Suppes y sus

colaboradores a partir de los años cincuenta. Partiendo de este tronco común, una serie de concepciones se desarrolló durante los años setenta y ochenta, todas las cuales, excepto una (el estructuralismo de Sneed y Stegmüller, que retomó explícitamente algunas ideas de Kuhn), no tienen ninguna conexión con los autores historicistas. Constituyen un conjunto bastante heterogéneo: no se puede hablar de una tendencia unitaria y, aún menos, de una escuela; pero todas ellas tienen cierto "aire de familia", que precisamente proviene de su interés común por el concepto de *modelo* (en tanto que unidad básica de representación del conocimiento científico) y de su rechazo más o menos radical del tipo de análisis casi puramente sintáctico de las teorías científicas –una de las características de la segunda y tercera fase de la historia de la filosofía de la ciencia–.

6

CONCEPCIONES MODELÍSTICAS Y EMPARENTADAS (1970-2000)

1. *Introducción de carácter general*

En esta última fase de la historia de nuestra disciplina, que ocupa aproximadamente las últimas tres décadas del siglo XX, es difícil encontrar una característica común a los diversos autores y corrientes que han desempeñado, o todavía desempeñan, un papel significativo durante esta fase. Falta, además, la perspectiva que da el transcurso del tiempo. Sin embargo, podemos observar un "aire de familia" en la mayor parte de los representantes importantes de la filosofía de la ciencia durante este periodo. Establecer algunos rasgos comunes —aun cuando hayamos de describirlos de un modo un tanto vago, pues admiten realizaciones diferentes en cada enfoque— nos ayudará a medir el camino recorrido por nuestra disciplina desde 1970.

Se constata, en primer lugar, una profunda desconfianza (si no una franca aversión) hacia una metodología casi exclusivamente sintáctico-formal en el análisis de los conceptos y las reconstrucciones de las teorías científicas emprendidas por muchos de los autores más influyentes de la fase "clásica" (Carnap, Hempel, Nagel, Braithwaite e incluso Popper y sus discípulos). He ahí un punto en común entre los autores de la fase que estamos considerando y los historicistas, aunque su rechazo del "sintacticismo" obedece a motivaciones completamente diferentes: no es que den la primacía a una metodología historiográfica (ligada a la idea muy extendida según la cual "la historia de las ideas no se deja analizar formalmente"), ni que recusen los métodos más o menos formales de análisis. Al contrario, cierto número de autores pertenecientes a los tres últimos decenios considera que los problemas que enfrentaron los análisis clásicos de las teorías científicas provienen de la aplicación de instrumentos formales *demasiado elementales* (básicamente la lógica de predicados de

primer orden), y que más bien deben utilizarse instrumentos lógico-matemáticos "fuertes" (teoría de conjuntos, topología, teoría de modelos, lógicas modales e incluso nociones no triviales de la informática) para dar cuenta de aquello que es esencial en las teorías, sobre todo en las disciplinas fuertemente matematizadas como la física y una gran parte de la química, de la biología y de las ciencias sociales.

La noción puramente sintáctica o cuasi-sintáctica de teoría científica, como conjunto de axiomas con sus consecuencias lógicas (noción característica de la fase clásica), no se considera adecuada a la complejidad de las estructuras conceptuales y metodológicas de las ciencias empíricas. La noción de teoría es reinterpretada en un marco *semántico* o *semántico-pragmático*, o incluso completamente reemplazada por la noción de *modelo*, cuya definición varía, no obstante, según los autores. Se puede, pues, recurrir al neologismo "modelístico" para intentar caracterizar los rasgos comunes a las concepciones que aquí nos interesan. En ciertos autores, la noción de modelo está definida de manera formal (con ayuda de la teoría de conjuntos, por ejemplo), en otros es usada de manera más informal; pero, en todos los casos, se considera que son los "modelos", como *representaciones* (parciales e idealizadas) de "pequeñas partes" de la realidad (o de la experiencia humana) lo que constituye la "sustancia" del conocimiento científico.

Desde un punto de vista epistemológico general, la mayoría de los autores de este periodo es abierta o implícitamente *antirrealista*, si entendemos por "realismo científico" la creencia en el presupuesto de que el objetivo de las teorías científicas es reflejar, de una manera más o menos aproximada, la realidad de la naturaleza "tal y como es". Una cierta dosis de "instrumentalismo" en sentido amplio está presente en muchos de estos autores: los modelos propuestos por las ciencias son instrumentos que permiten que nos orientemos en un campo de la experiencia humana que es demasiado complejo para que una sola teoría lo refleje completa y fielmente.

De manera general, los factores *pragmáticos* que intervienen en la constitución de la estructura y el funcionamiento de las teorías científicas se toman en cuenta muy seriamente, y en algunos autores podemos encontrar intentos de sistematización de la dimensión pragmática de la ciencia, a veces incluso formalizados. No obstante, esta "pragmatización" del análisis de la ciencia (es decir, la consideración de factores ligados a los intereses de la comunidad científica que construye sus modelos de representación de la experiencia) no equivale a una "sociologización" pura y simple de la noción de teoría

o del método científico —como fue el caso de muchas interpretaciones historicistas—. Y menos aún se trata de caer en la trampa del relativismo socio-epistémico.

Los *estudios de caso* de teorías científicas concretas se vuelven muy importantes: sin ser considerados valiosos en sí mismos, son utilizados como "tests" para poner a prueba o para ilustrar una visión más general de la ciencia, o al menos de una disciplina particular (como la física o la biología). Al mismo tiempo, se constata una tendencia (metodológica e incluso epistemológica y ontológica) al *pluralismo*: la idea de que no existiría mas que una manera esencial de "hacer ciencia", o un único método formal para aplicar las directrices del espíritu científico, se cuestiona de raíz.

Sin embargo, los diversos representantes de una concepción "modelística" de la disciplina no rechazan de plano las contribuciones de los autores del positivismo lógico y de la filosofía clásica de la ciencia. Muchos conceptos, temas y problemas de las fases precedentes —tales como la relación entre la teoría y la experiencia, la noción de explicación científica, el papel de las formas de inferencia no deductiva, el concepto de ley científica, la noción de reducción entre teorías, etc.— vuelven a entrar en escena, aunque con una interpretación diferente.

Estudiemos ahora algunos de los enfoques más característicos o los más conocidos de la "nebulosa modelística". Aunque la lista no es exhaustiva, es, sin embargo, significativa. Examinaremos estos enfoques en orden cronológico, a partir del momento en que tomaron por primera vez una forma lo suficientemente reconocible; no olvidemos, sin embargo, que en el momento en que escribimos estas líneas, todos estos enfoques (con excepción quizá del primero) siguen desarrollándose, de tal suerte que es difícil dar una imagen definitiva de ellos.

2. *La concepción conjuntista de la escuela de Stanford*

Me permito introducir aquí un neologismo poco atractivo ("conjuntismo") para designar los trabajos de un grupo de lógicos y filósofos de la ciencia, activos sobre todo en la Universidad de Stanford (Estados Unidos), que han aplicado sistemáticamente los conceptos y los principios de la teoría de conjuntos a la reconstrucción y al análisis de las teorías de las ciencias empíricas, principalmente de la física clásica (incluida la teoría especial de la relatividad). El término "concepción conjuntista" se propone, pues, como la traducción más satisfactoria de la expresión anglosajona *set-theoretical view*.

Desde el punto de vista estrictamente cronológico, los principales trabajos de esta escuela pertenecen aún a la fase "clásica" de la filosofía de la ciencia, pues la mayor parte de ellos fueron publicados en los años cincuenta y sesenta. Sin embargo, el desarrollo del método "conjuntista" y su aplicación a un gran número de estudios de caso se llevó a cabo de una forma casi totalmente independiente de las discusiones características de la fase clásica, y el método reconstructivo de los miembros de la escuela de Stanford tuvo una gran influencia, a menudo explícitamente reconocida, sobre los autores de esta última fase de la filosofía de la ciencia.

Patrick Suppes (Estados Unidos, nacido en 1922) es, sin duda, el representante más eminente de esta escuela. En colaboración con el lógico J.C.C. McKinsey y otros investigadores, tuvo la idea de axiomatizar las teorías empíricas de una manera mucho más simple y "transparente" conceptualmente que las tentativas precedentes, lo que no sólo le permitió comprender más fácilmente la estructura interna "esencial" de la teoría así reconstruida, sino también examinar adecuadamente sus eventuales relaciones con otras teorías. El método reconstructivo propuesto por Suppes y sus colaboradores es conocido con el nombre de "axiomatización por definición de un predicado conjuntista" (*axiomatization by definition of a set-theoretical predicate*). Estrictamente, no inventaron este método: se inspiraron en ciertas ideas del gran lógico Alfred Tarski (McKinsey fue discípulo suyo), que ya habían sido puestas en práctica en las teorías matemáticas, y en los trabajos de sistematización de las matemáticas emprendidos por el grupo de Bourbaki durante los años cuarenta y cincuenta. Sin embargo, además de algunas diferencias un tanto técnicas en la manera de desarrollar el método, Suppes y sus colaboradores aportaron una gran innovación a la filosofía de la ciencia al mostrar de manera convincente que uno puede reconstruir de este modo prácticamente cualquier teoría científica *empírica*, dándole de esta forma su criterio de *identidad* con una gran precisión, sin que la tarea se vea sobrecargada por el aparato lógico considerado anteriormente como necesario para la reconstrucción de teorías. La teoría de conjuntos utilizada para aplicar el método "stanfordiano" sólo consiste en lo que habitualmente se llama la teoría "informal" o "intuitiva" de conjuntos, la cual a su vez no está axiomatizada formalmente, y, sin embargo, representa el aparato matemático más próximo desde un punto de vista conceptual de lo que es requerido en la práctica científica (y en el análisis epistemológico). De hecho, Suppes es probablemente el primer filósofo de la ciencia en darse

cuenta de que la lógica de predicados de primer orden (la herramienta de análisis favorita de los positivistas lógicos y de los filósofos clásicos de la ciencia) no es un *buen* instrumento formal de análisis y de reconstrucción de la ciencia; al no servir más que para el análisis de cuestiones muy elementales, este instrumento lógico es a la vez "demasiado burdo" y "demasiado simple". El método conjuntista tiene otra ventaja: permite determinar directamente y sin recurrir a la construcción de un sistema de semántica formal, cuáles son los *modelos* de una teoría dada, es decir, las entidades conceptuales que supuestamente representan las diferentes partes del mundo de la experiencia; los modelos de una teoría son simplemente las entidades que satisfacen lo que se llama un *predicado conjuntista*. Además, esta determinación de la noción de modelo nos permite comprender de una sola vez que una teoría cualquiera producirá en general un número indeterminado de modelos realmente diferentes para representar la realidad —y no uno solo, como numerosos filósofos a menudo suponían—. En fin, como enseguida veremos, el método permite detectar directamente la forma lógica de los "compromisos ontológicos" de la teoría así reconstruida —lo que, seguramente, también es posible en el método clásico axiomático-formal, pero de una manera mucho menos directa y transparente—.

¿En qué consiste exactamente el método de "axiomatización por definición de un predicado conjuntista"? No entraremos aquí en los detalles técnicos, pero un ejemplo, ciertamente muy simplificado, aclarará nuestra exposición. Supongamos que en un manual de sociología o de psicología encontramos, por ejemplo, una "teoría" que nos habla de relaciones familiares y nos explica que las familias son entidades complejas constituidas por un padre y una madre, ligados entre sí por el matrimonio, y al menos un hijo engendrado por ellos. ¿Cuál es exactamente la identidad de esta teoría (y sus modelos)? La respuesta está dada por la definición del siguiente predicado conjuntista:

> *x* es una familia si y sólo si *x* es una tupla (en el sentido de la teoría de conjuntos) constituida por un conjunto básico de al menos tres elementos y por dos relaciones diádicas (en el sentido de la teoría de conjuntos), llamadas "matrimonio" y "engendrar", que satisfacen ciertas propiedades que se pueden formular con ayuda de la teoría de conjuntos (por ejemplo, la relación "matrimonio" es irreflexiva y simétrica, mientras que la relación "engendrar" es asimétrica). Además, postulamos la

"ley" de que, en toda familia, hay al menos un elemento que ha sido engendrado por otros dos elementos.[1]

Cada entidad concebida como una instancia de la variable x en esta definición es, pues, una estructura consistente en un conjunto finito de base (las personas en cuestión) y dos relaciones diádicas ("matrimonio" y "engendrar") que deben satisfacer algunas condiciones expresables en teoría de conjuntos. Ahora bien, una estructura tal es precisamente un *modelo* de la teoría.[2]

La escuela de Stanford muestra que no existe, en principio, ningún obstáculo formal para identificar, con la precisión necesaria, todas las teorías científicas, aun las teorías más complejas de la física, así como sus modelos, por medio del método descrito. Además, una vez que la teoría y sus modelos han sido identificados, se puede hacer de manera bastante fácil un análisis formal de sus particularidades: por ejemplo, qué condiciones deben ser tomadas como axiomas y cuáles como teoremas, cuáles son los conceptos básicos (no

[1] Para los lectores que tienen alguna familiaridad con las fórmulas lógico-matemáticas, he aquí, a modo de ilustración, la formalización conjuntista de esta mini-teoría de la familia. (Usamos las abreviaturas: "F" para "... es una familia"; "P" para un conjunto de personas, "M" para la relación de matrimonio y "E" para la relación de engendrar. Para abreviar, escribiremos, para toda relación diádica R, "xRy" en lugar de la formulación "$< x,y > \in R$")
$F(X)$ si y sólo si $\exists P, M, E$:

(0) $X = < P, M, E >$

(1) $P \neq \emptyset \wedge ||P|| > 2$

(2) $M \subseteq P \times P \wedge \forall x \forall y\, (\neg\, xMx \wedge (xMy \rightarrow yMx))$

(3) $E \subseteq P \times P \wedge \forall x \forall y\, (xEy \rightarrow \neg\, yEx)$

(4) $\exists x, y, z \in P\, (xMy \wedge xEz \wedge yEz)$.

Señalemos que, dejando aparte los símbolos P, M y E, que son conceptos primitivos específicos de nuestra teoría, todos los otros símbolos que aparecen en esta axiomatización conjuntista son nociones estándares de la lógica y de la teoría de conjuntos. La "ley empírica", según la cual en toda familia hay alguien que ha sido engendrado por otras dos personas, es expresada por la condición o axioma (4). De las condiciones (2), (3) y (4) tomadas conjuntamente, se sigue el "teorema" según el cual las tres personas involucradas en (4) son siempre diferentes entre ellas. El "compromiso ontológico" de esta "teoría" está determinado únicamente por la presencia del conjunto P.

[2] Para volver a la formalización de la nota precedente, cada estructura $< P, M, E >$ que satisfaga las condiciones (0)–(4) es, pues, por definición, un modelo de la teoría de la familia. Se puede probar que esta noción de modelo equivale, salvo en algunos casos particulares, a la noción de modelo de la semántica formal introducida por vez primera por Tarski y que se ha vuelto habitual en los manuales de lógica.

definibles) requeridos, cuál puede ser la relación entre esta teoría y otra semejante, etc.

Más que hacer declaraciones programáticas generales o comprometerse con largas argumentaciones filosóficas, Suppes y sus colaboradores juzgaron más convincente "pasar a la acción" y reconstruir tantas teorías científicas "serias" como fuera posible. Su primera reconstrucción fue un hito en tanto que "paradigma" de la aplicación del método: la axiomatización conjuntista de la mecánica clásica de partículas, en un artículo de 1953 titulado precisamente "Axiomatic Foundations of Classical Particle Mechanics" [Fundamentos axiomáticos de la mecánica clásica de partículas]. A partir de entonces, un gran número de teorías de la física, la psicología y la economía fueron axiomatizadas por Suppes mismo o por otros. Todas estas reconstrucciones se publicaron de manera más o menos dispersa en muchas revistas y compilaciones. Suppes dio algunos ejemplos en la última parte de su libro *Introduction to Logic* (1957) [Introducción a la lógica], cuyo título es un poco equívoco ya que no se trata meramente de un manual de lógica, sino de una exposición del método conjuntista de reconstrucción de las teorías científicas. En 1970, reunió aún más ejemplos, sobre la base de una exposición general del método y sus ventajas, en la obra *Set-Theoretical Structures in Science* [Estructuras conjuntistas en la ciencia], que, a pesar de la influencia que ejerció en los filósofos "reconstructores" de teorías científicas, curiosamente circuló durante muchos años sólo en forma de manuscrito. Una parte importante de los trabajos de Suppes sobre el método conjuntista fue recogida más tarde en *Models and Methods in the Philosophy of Science* (1993) [Modelos y métodos en filosofía de la ciencia].

A pesar de los éxitos innegables de su programa, Suppes no parece estar en condiciones de resolver de manera satisfactoria ciertas cuestiones epistemológicas y metodológicas fundamentales sobre la naturaleza de las teorías empíricas. Señalemos un punto crítico. Si identificamos los modelos de una teoría por medio de un predicado conjuntista, parece claro que si la teoría no es contradictoria o empíricamente inaceptable, encontraremos que, en principio, muchos de sus modelos son aplicables, no sólo uno. Este aspecto de la concepción suppesiana es completamente convincente a nivel intuitivo, pues siempre se constata que cuando los científicos disponen de una buena teoría, en general, ésta no sólo es aplicable a una parte de la realidad, sino a varias. (Este hecho podría ser descrito como el "plurimodelismo" de las teorías empíricas.) Sin embargo, si

uno identifica una teoría con todos los modelos determinados por el predicado conjuntista que la caracteriza, esta manera de concebir la identidad de las teorías científicas tropieza con un problema epistemológico grave: para decirlo brevemente, el número de estructuras que son modelos de una teoría definida por el método de Suppes no sólo suele ser muy grande, sino *demasiado* grande. En efecto, siempre podemos encontrar un gran número de estructuras que satisfagan las condiciones conjuntistas del predicado y que, por tanto, sean formalmente modelos de la teoría. De hecho, para una teoría cualquiera que no sea completamente trivial, habrá siempre un número *infinito* de modelos efectivamente diferentes. (Esto es resultado de un teorema bastante elemental de la teoría formal de modelos.) Para volver a nuestro ejemplo de la "teoría de la familia", sean cuales sean las condiciones más o menos restrictivas que impongamos a las relaciones que van de acuerdo con la caracterización del predicado "x es una familia", este predicado será satisfecho no sólo por objetos que consideraríamos intuitivamente como siendo una "familia real", sino también por otros objetos que no tienen absolutamente nada que ver con ellas, pero que satisfacen las mismas condiciones conjuntistas (por ejemplo, dominios finitos que consisten en un número superior a dos elementos, y sobre los cuales es posible definir una relación irreflexiva y simétrica y una relación asimétrica). Se puede tratar incluso de estructuras matemáticas, cuyos conjuntos base contienen simplemente números como elementos, y que nada tienen que ver con el mundo empírico... ni *a fortiori* con el mundo de las familias.

Suppes mismo es más o menos consciente de este problema de interpretación del contenido de las teorías empíricas, pero no lo considera muy importante. Para él, este resultado muestra que, aun cuando en la construcción de una teoría empírica estemos generalmente guiados por intuiciones más o menos vagas concernientes al dominio de experiencia al cual debe ser aplicada, una vez que la teoría está bien (re)construida, constataremos siempre que tiene muchas aplicaciones que no habíamos sospechado inicialmente, e incluso aplicaciones en dominios no empíricos (puramente matemáticos, por ejemplo). De hecho, Suppes no cree en la distinción esencial entre ciencias empíricas y ciencias matemáticas.

Para un filósofo de la ciencia "tradicional", esta respuesta no es satisfactoria, puesto que una de las grandes cuestiones de la filosofía de la ciencia desde sus inicios (sea cual sea la concepción particular defendida) es justamente distinguir las teorías empíricas de las no

empíricas, y hacer una distinción, en las ciencias empíricas, entre una disciplina y otra. Uno de los miembros más representativos de la escuela de Stanford, Ernest W. Adams (Estados Unidos), tematizó este problema y propuso otra solución.[3] Según él (y en esto lo han seguido la mayoría de los autores de la nebulosa modelística), es insuficiente caracterizar una teoría científica *empírica* mediante una clase *M* de modelos definida por un predicado conjuntista. Esta clase representa solamente *una parte* (si bien esencial) de su identidad. Para tener una plena comprensión de la teoría de que se trata, hay que añadir a la clase *M* una clase *I* de *aplicaciones intencionales* (*intended interpretations*), que nos indican el dominio de la experiencia al cual estos modelos deben aplicarse. Formalmente, los elementos de *I* son estructuras del mismo tipo (es decir, concebidos de la misma manera) que los elementos de *M*, sin que se pueda saber *a priori* si son verdaderamente modelos actuales de la teoría, es decir, estructuras que satisfacen las condiciones sustanciales del predicado conjuntista. La "esperanza" del científico consiste justamente en creer que a la larga se podrá mostrar que *I* es verdaderamente un subconjunto de *M*, es decir, que todas las aplicaciones intencionales satisfacen efectivamente todas las condiciones sustanciales necesarias para ser modelos de esta teoría. Esta esperanza constituye lo que Adams llamó la "afirmación empírica" (*empirical claim*) de una teoría.

La noción de aplicación intencional, aun siendo parcialmente formalizable en los términos de la teoría de conjuntos, excluye *a priori* toda suerte de estructuras más o menos "grotescas" (desde un punto de vista intuitivo) o incluso puramente matemáticas que, "por azar", satisfagan las condiciones del predicado conjuntista. Ahora bien, de esta forma lo que estamos introduciendo en la noción de teoría empírica es un elemento irreductiblemente *pragmático*: las aplicaciones (o interpretaciones) *intencionales* lo son para *alguien*; y este "alguien", en el estado actual de las cosas, no es otro que la *comunidad científica* que, en un momento dado, construye o aplica la teoría en cuestión. La noción de teoría empírica depende así esencialmente de la noción de comunidad científica, la cual es claramente pragmática. Es ella la que *selecciona* las estructuras que vale la pena intentar comprobar si son efectivamente modelos de la teoría.

[3] Véase la introducción a su artículo de 1959: "The Foundations of Rigid Body Mechanics and the Derivation of Its Laws from those of Particle Mechanics" [Los fundamentos de la mecánica del sólido rígido y la derivación de sus leyes a partir de las de la mecánica de partículas].

Hay, sin embargo, un problema lógico-matemático en esta concepción, sutil pero profundo, al cual Adams no da una solución convincente: en la determinación de la clase *I*, no se trata sólo de tener en cuenta los deseos o intenciones de los científicos, sino también de identificar cada uno de los elementos de *I*, dado que es la única manera factible de determinar verdaderamente aquello de lo que queremos hablar en nuestra teoría. Ahora bien, en la concepción de Adams estamos constreñidos a presuponer, para la descripción de cada elemento de *I*, las nociones y las condiciones satisfechas por el predicado conjuntista característico de la teoría. De ahí que la "afirmación empírica" de la teoría, es decir, la proposición "*I* es un subconjunto de *M*", pase a ser irremediablemente *autojustificativa* –lo que parece contradecir nuestras intuiciones de lo que significa "verificar una teoría empírica"–. En términos un tanto metafóricos, cada teoría se tornaría así un mundo cerrado en sí mismo... Volveremos sobre este punto cuando tratemos la concepción estructuralista.

Otra manera de intentar resolver el problema de la distinción epistemológica entre ciencias empíricas y ciencias matemáticas consiste en efectuar un análisis profundo del sentido en el que se puede decir que un modelo cualquiera de una teoría es una estructura que pretende *representar* algunos aspectos de la realidad, y muy especialmente los aspectos que son dados por nuestra experiencia más o menos inmediata (particularmente lo que se llama "experimento de laboratorio"). Suppes mismo, sus discípulos, y también otros investigadores que trabajaban independientemente, siguieron esta vía de maneras diversas.

3. *El representacionalismo*

La noción de modelo, tan central para la mayor parte de los autores que examinamos en este capítulo, está naturalmente ligada a la de representación: se supone que los científicos construyen modelos que representan más o menos bien partes de la realidad. Pero la noción misma de representación está lejos de ser clara *a priori*, en particular, en un contexto científico. ¿Qué tipo de relación se designa con este término? En la estela de trabajos de Suppes y su escuela, esta cuestión adquiere máxima importancia. El objetivo principal de la ciencia sería proporcionar representaciones más o menos adecuadas de la experiencia, y la tarea del filósofo de la ciencia es justamente determinar la naturaleza de esta relación de representación.

La representación de la que aquí se trata no se parece a la acción de un espejo que refleja un objeto tal y como es. Los objetos que deben ser representados por modelos de teorías científicas son siempre, en cierto modo, objetos estructurados conceptualmente. Por ejemplo, el objeto llamado "familia Pérez", que debe ser representado por un modelo de la "mini-teoría" de las relaciones de parentesco descrita anteriormente, no es un objeto de la "experiencia pura" del sociólogo o del psicólogo, sino un objeto concebido estructuralmente de cierta manera, en la que ciertas propiedades y relaciones son esenciales y otras, que uno podría tener en cuenta (como, por ejemplo, el color del cabello de los miembros de la familia), no lo son. En suma, los objetos estudiados por las teorías científicas son dominios simplificados y estructurados de cierta manera. En la representación científica se trata de proceder de tal modo que los modelos de la teoría, que son ellos mismos estructuras, representen lo mejor posible estos dominios estructurados que se dan empíricamente. Sin embargo, no se puede presuponer que, en la representación, hay un acuerdo estructural total entre el dominio representado y el modelo. En ese caso, se trataría de una relación de *isomorfía*; mientras que —para emplear un término técnico de las matemáticas— en la representación científica se trata, en el mejor de los casos, de establecer un *homomorfismo* —una forma de relación más "débil" que la isomorfía, que produce una suerte de asimetría entre lo representado y el representante (este último es más rico en contenido "superfluo")—. Más aún, en los casos más interesantes de representaciones científicas, el proyecto mismo de establecer una verdadera homomorfía entre representado y representante se vuelve irrealizable. Podemos buscar entre las dos partes relaciones funcionales que sean aún más débiles, por lo menos tienen que ser informativas; este tipo de relación ha sido descrito a menudo como la "subsunción" (*embedding*) de un modelo empírico en un modelo matemático, pasando a ser el primero un "submodelo" del segundo.[4]

No entraremos aquí en detalles, muy técnicos, de las relaciones funcionales entre estructuras que pueden verse como representaciones adecuadas en un contexto científico. Señalemos sólo que la idea esencial del representacionalismo consiste en concebir el conocimiento científico como la investigación de las relaciones funciona-

[4] Para una definición de esta noción de subsunción, véase, por ejemplo, el artículo de Suppes "Representation Theory and the Analysis of Science" [Teoría de la representación y el análisis de la ciencia], que contiene además una breve exposición de los objetivos generales del representacionalismo.

les (reconstruibles con toda la precisión necesaria) entre diferentes estructuras –relaciones que permitan hacer inferencias sobre la naturaleza del objeto estudiado (concebido ya de cierta manera) partiendo de propiedades estructurales de los modelos utilizados para representarlo–.

Un tema esencial en el análisis de los fundamentos de la ciencia moderna –la cuestión de la naturaleza de la *medida*– constituye una línea de investigación particularmente fructífera en el seno del programa representacionalista. Medir objetos empíricos (tarea que, como se sabe, ha tenido un papel crucial en el desarrollo de la ciencia moderna y no sólo en las ciencias físicas) resulta ser un proceso de representación en el sentido preciso que acabamos de sugerir. ¿Qué es lo que hacemos cuando medimos los objetos de un dominio dado? La respuesta del representacionalismo es que se establece una relación de representación entre un dominio cualitativo dado y una estructura matemática (generalmente numérica). Por ejemplo, supongamos que queremos medir la estatura de los alumnos de una escuela; este conjunto de individuos es, primeramente, un objeto a representar que tiene entre sus miembros relaciones "cualitativas" o "directamente observables" que se describen constatando que un alumno cualquiera es "más alto" o "tan alto" como otro. Ahora bien, cuando medimos la altura de los alumnos, lo que hacemos en última instancia sólo es asignar a este objeto "cualitativo" (el conjunto de alumnos articulado en torno a la relación observable de la altura) una estructura matemática que comprende números y la relación aritmética "$\geq$" entre estos números. Seguramente, éste que acabamos de dar es un ejemplo muy banal; sin embargo, la tesis del representacionalismo es que todas las formas de medida, incluso las más complejas conocidas en el dominio de las ciencias, consisten, esencialmente, en el mismo procedimiento. Lo que a veces se llama el proceso de "matematización" de una disciplina no es sino la investigación de las condiciones adecuadas que permiten establecer este tipo de relación funcional (llamada justamente "representación") entre estructuras empíricas dadas y estructuras matemáticas adecuadas que las "representan" y nos permiten obtener información acerca de las primeras –informaciones que, sin las estructuras matemáticas correspondientes, podrían obtenerse muy difícilmente o en lo absoluto, ya que el material cualitativo es generalmente mucho menos preciso y mucho más difícil de manipular conceptualmente–.

Para comprender mejor la importancia de este programa de reconstrucción del concepto de medida para la epistemología y la me-

todología general de la ciencia, ilustrémoslo mediante un ejemplo, aún bastante simple, pero más interesante que el precedente. Supongamos que a objetos físicos de tamaño medio les queremos asignar números que expresen su peso (o, más exactamente, su masa) –que es justamente lo que se entiende por la expresión "medir el peso de los objetos"–. No tenemos un acceso observacional directo a estos números; todo lo que podemos constatar directamente es que hay objetos más pesados (en el sentido cualitativo) o tan pesados como los otros; además, también podemos constatar directamente que disponemos de un aparato (una balanza, por ejemplo) que nos permite reunir ("combinar" o "concatenar" son las expresiones técnicas habituales) dos objetos diferentes sobre un mismo platillo de balanza constituyendo así un tercer objeto que resulta, por así decirlo, de la combinación o concatenación de los otros dos. Se trata de constataciones puramente empíricas o "directamente observables". No se trata aún de números ni de "cantidades". Sin embargo, si la estructura constituida por el conjunto de objetos físicos, la relación entre ellos (que describimos como "ser tanto o más pesado que") y, finalmente, la operación de combinación consistente en ponerlos juntos sobre el mismo platillo de balanza –si esta estructura satisface algunas condiciones axiomáticas de naturaleza empírica, se puede probar formalmente que existe una función numérica (una "magnitud"), que simbolizaremos por "m" (la "masa"), que tiene la propiedad de asignar a cada objeto físico un número de tal modo que si un objeto a es tanto o más pesado (en el sentido intuitivo, cualitativo) que otro b, entonces $m(a) \geq m(b)$, y si un objeto c resulta de la combinación (empírica) de a y b, entonces $m(c) = m(a) + m(b)$–. Se puede también probar que esta función es unívoca, salvo por transformaciones de escala que son fáciles de formular. Se puede decir, entonces, que hemos representado la estructura empírica, constituida por objetos físicos más o menos pesados en relación los unos con los otros y combinables, mediante una estructura puramente matemática de números provista de las relaciones "$\geq$" y "+". Brevemente, hemos representado los datos de la experiencia mediante una estructura matemática. He aquí un punto crucial para comprender en qué consiste la relación entre la experiencia y la matemática –lo que, como se sabe, es un tema central de la filosofía de la ciencia–. Ciertamente, la prueba de que es posible representar una determinada estructura empírica mediante una estructura matemática conveniente depende esencialmente de las condiciones

axiomáticas que la estructura empírica debe satisfacer, y éstas no son, en general, condiciones fáciles de establecer.

La proposición que expresa que una estructura empírica dada satisface algunas condiciones que permiten probar la existencia y unicidad de una representación numérica apropiada para esa estructura es lo que se llama un *teorema de representación*. Una parte muy importante del programa representacionalista consiste justamente en establecer teoremas de representación para un gran número de conceptos científicos en todas las disciplinas (longitud, tiempo, masa, energía, entropía, carga eléctrica, etc., en física, y asimismo utilidad en economía u otras medidas en psicología de la percepción o en teoría del aprendizaje). Estos resultados han sido expuestos por Suppes y sus colaboradores (D. Krantz, R.J. Luce y A. Tversky) en una obra monumental, *Foundations of Measurement* [Fundamentos de la medición]. El primer volumen (el más interesante desde el punto de vista epistemológico) apareció en 1971; los otros dos (muy técnicos) en 1987 y 1989.

En cierto sentido, se puede establecer una relación de filiación entre este programa representacionalista, que se apoya en la idea de que los verdaderos fundamentos del conocimiento científico están constituidos por entidades y operaciones directamente observables (siendo "derivados" los conceptos teórico-matemáticos más abstractos a partir de teoremas de representación) y el operacionalismo clásico de Bridgman en la fase de eclosión de la filosofía de la ciencia. Sin embargo, mientras Bridgman y sus discípulos querían *definir* estrictamente los conceptos teóricos matematizados de la ciencia mediante operaciones de laboratorio, los representacionalistas actuales saben que tales "definiciones" no son en general posibles (o perjudicarían el desarrollo de las ciencias si se las postulara); consiguientemente, se limitan a estudiar las condiciones empíricas que permiten *representar* (lo que no equivale a "definir") los datos de la experiencia en una estructura teórico-matemática, que es en sí lógica y metodológicamente independiente de los datos empíricos. Se podría calificar el programa de teoremas de representación de "operacionalismo refinado"...

A partir de los años setenta aparece otra corriente de la filosofía de la ciencia que también puede llamarse "representacionalista", aunque fue concebida de forma independiente. Se trata de los trabajos del físico Günther Ludwig (Alemania, 1918–2007) y de sus discípulos (todos ellos físicos teóricos). Desde un punto de vista histórico, el único punto en común de Ludwig con Suppes y sus suceso-

res es el uso del lenguaje de la teoría de conjuntos para construir las teorías científicas y para esclarecer sus relaciones con la experiencia preteórica. De hecho, Ludwig aplica los instrumentos de la teoría de conjuntos de una manera mucho más sistemática que Suppes y sus colaboradores, utilizando el aparato fundamental del programa Bourbaki. En el caso de Ludwig, el programa reconstructivo propuesto para las teorías físicas consiste en establecer los principios de correspondencia unívoca entre los conceptos teóricos y la base experimental específica de una teoría determinada, abandonando la idea de que pueda haber una base universal común a todo el conocimiento científico: cada teoría tiene su propia base experimental ya "preparada" (el *Grundtext*, en la terminología, bastante peculiar, de Ludwig), a partir de la cual ciertas correlaciones (*Abbildungsprinzipien*) son establecidas con ayuda del aparato matemático propio de la teoría en cuestión. Al igual que en otras formas de representacionalismo, estos principios de correlación son en general menos exigentes que los homomorfismos, pero deben ser formulados en el lenguaje de la teoría de conjuntos. Además, estos principios siempre están asociados a una estructura topológica que representa el aparato aproximativo que permite poner en relación el aparato matemático y el *Grundtext*. La idea de aproximación es, para Ludwig, una parte esencial e irreducible de toda teoría física verdadera: propugna una visión "aproximativista" del conocimiento científico, que será retomada en concepciones modelísticas posteriores. Ludwig aplicó sistemáticamente sus ideas a la reconstrucción de la mecánica cuántica y, de una manera menos sistemática, a otras teorías físicas más clásicas, como la mecánica newtoniana o la electrodinámica. Presentó su metateoría general en su principal obra, *Die Grundstrukturen einer physikalischen Theorie* (1978) [Las estructuras fundamentales de una teoría física]. Aun cuando sus trabajos comportan elementos originales y estimulantes para la reflexión epistemológica, tuvieron poca repercusión fuera del muy restringido círculo de físicos alemanes con intereses metodológicos. Tres factores pueden explicar esta carencia de divulgación: el estilo y la terminología de Ludwig son extremadamente particulares, a veces casi ininteligibles para el común de los filósofos; no intentó poner en relación su metateoría con otras concepciones contemporáneas de la filosofía de la ciencia, de las que parece ignorar casi todo; y (*last but not least*) ninguno de sus libros ha sido publicado en inglés...

4. *Las concepciones semanticistas*

En el mundo anglófono, se suele llamar *semantic view* ("concepción semántica") a cierto número de enfoques que han marcado profundamente el desarrollo de la filosofía de la ciencia, sobre todo a partir de 1970, y que tienen sus orígenes (al menos en parte) en la obra de Suppes y de sus colaboradores inmediatos. El apelativo de "concepción semántica" puede ser, quizá, motivo de confusión, en la medida en que el rasgo común de esta familia de autores no es solamente señalar la *importancia* de los conceptos semánticos para analizar las teorías científicas (lo que ya habían señalado otros autores de la fase clásica de nuestra disciplina, como Carnap, Nagel, etc.), sino la *predominancia absoluta* de la visión semántica en detrimento de los análisis sintácticos, visión asociada a la preeminencia de la noción de modelo en sus diversas variantes. Calificaremos, pues, a estas concepciones de "semanticistas", más que de "semánticas".

Es bastante difícil circunscribir el conjunto de autores relevantes del "semanticismo", pues en gran medida depende de lo que se entienda por "predominancia de lo semántico" en la filosofía de la ciencia; así, según algunos comentadores, el *estructuralismo metateórico*, del que hablaremos más adelante, también pertenece a esta corriente, mientras que según otros no es así. Además, la dispersión geográfica de los grupos que han trabajado o aún trabajan en esta dirección es considerable. El "núcleo duro" del semanticismo se encuentra en Estados Unidos, pero en otros países existen grupos de investigadores que han contribuido de manera original a un programa que privilegia las consideraciones semánticas: es el caso de los estructuralistas en Alemania, Países Bajos y en los países hispanos, de los polacos Marian Przelecki y Ryszard Wojcicki, de la escuela de Newton da Costa en Brasil, o del grupo reunido en torno a Maria Dalla Chiara y Toraldo di Francia en Italia. Concentrémonos en las versiones más explícitas del semanticismo, tal y como ha sido expuesto principalmente en el compendio editado por Frederick Suppe en 1974, *The Structure of Scientific Theories* [La estructura de las teorías científicas]. Los tres autores más conocidos son Bas van Fraassen (Países Bajos/Canadá, nacido en 1941), el propio F. Suppe (Estados Unidos) y Ronald Giere (Estados Unidos, nacido en 1938), siendo el primero uno de los más influyentes filósofos de la ciencia de la última parte del siglo XX.

Bas van Fraassen reconoció en varios lugares su deuda intelectual con Patrick Suppes, quien para él tiene el mérito de haber liberado definitivamente a la filosofía de la ciencia de la obsesión de los análi-

sis sintácticos, y de haber abierto una perspectiva nueva y fecunda, al definir las teorías científicas simplemente como clases de modelos. Sin embargo, van Fraassen diverge de Suppes por la manera concreta en que concibe un modelo científico: en lugar de definirlo como una estructura determinada mediante la teoría de conjuntos, van Fraassen propone concebir los modelos como "trayectorias" o "regiones" en un *espacio de estados* –idea que toma del lógico holandés E.W. Beth–. A partir del comienzo de los años setenta, generaliza y desarrolla las ideas de Beth, ilustrándolas con ejemplos tomados de la física. Expone más sistemáticamente su metodología de reconstrucción de teorías y la epistemología asociada a ella algunos años más tarde en su libro *The Scientific Image* (1980) [La imagen científica].

La noción de espacio de estados proviene directamente de la física. Recordemos que en termodinámica, por ejemplo, se considera que el estado de un sistema físico está completamente determinado por una tríada ordenada de números reales $< p, v, t >$, que representan respectivamente los valores de las magnitudes presión, volumen y temperatura. En general, en las teorías físicas, los estados de un sistema físico se identifican por puntos en un sistema de coordenadas con tantas dimensiones como componentes determinan el estado. A cada tipo de sistema físico corresponde así un espacio de estados, que es el conjunto de todas las secuencias posibles de n elementos ($n = 3$ para el ejemplo de la termodinámica). Los estados posibles del sistema físico son "puntos" en este "espacio". La tarea de los axiomas propios de una teoría dada consiste, entonces, en imponer constricciones al conjunto de secuencias lógicamente posibles, fijando las secuencias que son aceptables y las que no lo son. Las secuencias aceptables representan los modelos admitidos por la teoría. La analogía con el procedimiento de Suppes es evidente: una teoría física no es de hecho nada más que un conjunto constituido por un gran número de modelos; la diferencia reside en el hecho de que los modelos son concebidos en este caso como trayectorias (o regiones) en un espacio de estados.

Lo que distingue la reconstrucción de las teorías en términos de un predicado conjuntista o de la determinación de un espacio de estados es más metodológica que epistemológica. Se trata de dos procedimientos para hacer más transparente la estructura interna de las teorías científicas, sin que haya una divergencia profunda en cuanto a la "esencia" de las teorías, que es siempre la misma, a saber, un conjunto de modelos. Cada uno de estos procedimientos tiene

sus ventajas y sus inconvenientes. El método de espacios de estado es ciertamente más cercano a la manera en que las teorías se presentan en los manuales de física moderna, al menos en el caso de la mecánica clásica y la mecánica cuántica. Esto resulta menos evidente en el caso de otras teorías, incluso en física (por ejemplo, en el caso de la teoría de la relatividad, como van Fraassen lo reconoció más tarde) y, sobre todo, no lo es en lo absoluto en el caso de las teorías cuyos conceptos fundamentales no son magnitudes, sino relaciones o propiedades "cualitativas" –como en las teorías de la química, la biología y las ciencias sociales–. Por esta razón, el método de definición de los modelos por medio de un predicado conjuntista parece ser más universalmente aplicable. Tiene además la ventaja de hacer inmediatamente transparente la estructura formal del "compromiso ontológico" de cada teoría, caracterizando explícitamente sus dominios de entidades básicas en las condiciones que define el predicado conjuntista (como ya hemos visto en el caso de "la teoría de la familia"). Pero se trata más de una diferencia en la práctica reconstructiva de los filósofos de la ciencia que de una diferencia de principio.

Van Fraassen se muestra más tajante que Suppes y sus colaboradores en el desarrollo de la *interpretación epistemológica* acerca de la manera en que los modelos que constituyen una teoría científica se relacionan con la realidad empírica. Hemos visto que en Suppes y los representacionalistas más próximos a él se detecta implícitamente una suerte de operacionalismo sofisticado. En cambio, la posición epistemológica de van Fraassen es más explícita y radical. Defiende una variante particular de instrumentalismo que describe como un "empirismo constructivo", y que es completamente antirrealista. El empirismo constructivo tiene consecuencias notables sobre un gran número de temas tradicionales importantes de la filosofía de la ciencia, tales como la causalidad, la naturaleza de la explicación científica y la de las leyes o de la base empírica. Van Fraassen explicitó estas consecuencias no sólo en *The Scientific Image*, sino en obras posteriores como *Laws and Symmetry* (1989) [Leyes y simetría].

Distingue en cada teoría la parte "teóricamente pura" de aquella que concierne a las aserciones empíricas. La parte pura determina el tipo de modelos con los cuales el científico se compromete a trabajar; la parte empírica añade aquellos dominios de la experiencia a los que presuntamente son aplicables los modelos de la teoría. Esto recuerda mucho la distinción introducida por Adams (véase *supra*, p. 117) entre la clase M de modelos y la clase I de aplicaciones intencionales. Pero van Fraassen evita la dificultad de la "justificación

circular" que hemos constatado al exponer las ideas de Adams, señalando que estas aplicaciones son concebidas como *subestructuras* de las estructuras que constituyen los modelos. Estas subestructuras representan nuestras observaciones empíricas, en tanto que el contenido empírico de la teoría consiste en la aserción de que dichas subestructuras pueden ser efectivamente *subsumidas* bajo un modelo completo de la teoría, determinado por las leyes. En este proceso de subsunción, la teoría postula la existencia de entidades no observables, puramente teóricas, las cuales, en su interacción (postulada por las leyes de los modelos teóricos) con las entidades observables a las que se refieren las subestructuras observables, explican los fenómenos que de hecho observamos. Si la aserción según la cual las subestructuras observables pueden ser subsumidas bajo un modelo de la teoría queda confirmada por nuestras observaciones y experimentos, en tal caso podemos decir que hemos "salvado los fenómenos" (he aquí una reminiscencia de la metodología de Duhem) y que la teoría es *empíricamente adecuada*. La tarea de las ciencias teóricas consiste en mostrarlo.

Para van Fraassen, es necesario distinguir entre la *verdad* de una teoría y su *adecuación empírica*. No es un "instrumentalista puro", puesto que admite un sentido (lógicamente impecable) en que se puede suponer que los modelos de una teoría son literalmente "verdaderos en relación con el mundo real". Pero es un instrumentalista en un sentido más amplio, ya que niega que se pueda justificar científicamente esta suposición. Además, la considera como desprovista de pertinencia para la aceptación de una teoría científica, en tanto los modelos están siempre *subdeterminados* en relación con la observación (de hecho, retoma la tesis de Quine de la subdeterminación empírica de las teorías, aunque dentro de un marco conceptual distinto). La única cosa que cuenta para la buena marcha de la ciencia es mostrar que sus teorías son empíricamente adecuadas. Es por esta razón que van Fraassen define su posición como una suerte de empirismo constructivo:

> Empleo el adjetivo *constructivo*, para indicar mi concepción según la cual la actividad científica es una actividad de construcción y no de descubrimiento: una construcción de modelos que deben ser adecuados a los fenómenos, y no un descubrimiento de la verdad de lo que es inobservable.[5]

[5] B. van Fraassen, *The Scientific Image*, p. 5.

Evidentemente, la epistemología del empirismo constructivo depende esencialmente de la noción de observabilidad, ya que son las subestructuras observables de los modelos lo que nos permite decidir si una teoría propuesta es empíricamente adecuada o no. Nos hace falta un criterio preciso para distinguir los objetos observacionales de los objetos no observacionales; si no, las tesis del empirismo constructivo serían vagas y, sobre todo, no se sabría cómo aplicarlas a la reconstrucción efectiva de teorías concretas. Ahora bien, hemos visto ya las grandes dificultades que tuvieron los filósofos de la ciencia de la fase clásica para formular una distinción tajante entre el nivel observacional y el nivel teórico en el discurso científico, así como las críticas decisivas de los filósofos historicistas en contra de la idea de conceptos puramente observacionales. Van Fraassen fue más o menos consciente de estas dificultades (aun cuando, sorprendentemente, no las discutiera muy a fondo) y propuso un criterio de observabilidad estrictamente antropomórfico. Este criterio pretende tener un valor estrictamente epistemológico (sobre lo que nosotros, en tanto que miembros de la especie *Homo sapiens,* estamos o no capacitados para saber) y no *ontológico*: en tanto que organismos biológicos dotados de "instrumentos de detección" particulares (nuestros órganos sensoriales), hay cosas que podemos observar y otras que definitivamente son inobservables —y de estas últimas hay que abstenerse de afirmar nada—.

El criterio de observabilidad propuesto por van Fraassen no es muy preciso (un objeto que, por su naturaleza, es detectable solamente mediante un microscopio electrónico ¿debe ser considerado "observable para el *Homo sapiens*"?); pero el problema principal es que, en las teorías un tanto desarrolladas, es poco verosímil postular que las subestructuras destinadas a constituir la base empírica contengan nociones puramente observacionales en el sentido de van Fraassen. Se trata más bien, como él mismo reconoció en *Laws and Symmetry*, de "modelos de datos" (expresión que toma de Suppes), es decir, de estructuras conceptuales ya muy sofisticadas en relación con lo que se puede imaginar como "directamente observable". Por ejemplo, las subestructuras que constituyen la base empírica de la mecánica clásica son, sin duda, subestructuras cinemáticas, lo que quiere decir que están constituidas, entre otras cosas, por la noción de tiempo continuo y de distancia, que es una magnitud dos veces diferenciable en el sentido del cálculo diferencial; sería muy extraño suponer que las nociones de continuidad y de diferenciabilidad aquí requeridas correspondan al sentido antropomórfico de obser-

vabilidad postulado por van Fraassen. En breve, con su empirismo constructivo, este investigador presentó la versión más fuerte y la más sistemáticamente desarrollada de antirrealismo de los últimos decenios de la filosofía de la ciencia; sin embargo, en la medida en que la noción de observabilidad que le es crucial continúe tan poco articulada, la base epistemológica del empirismo constructivo seguirá siendo ella misma problemática.

Frederick Suppe es otro de los representantes de la versión semanticista del modelismo, que intenta encontrar una "vía intermedia" entre el realismo y el antirrealismo en epistemología. Ya en 1967, en su tesis doctoral intitulada *The Meaning and Use of Models in Mathematics and the Exact Sciences* [El significado y uso de los modelos en matemáticas y las ciencias exactas], tomó de Suppes la noción de modelo, aunque reformulándola en términos de espacios de estados (independientemente de van Fraassen). De manera más sistemática, Suppe desarrolló sus ideas en su obra principal, *The Semantic Conception of Theories and Scientific Realism* (1989) [La concepción semántica de las teorías y el realismo científico]. El aparato formal de reconstrucción de las teorías que Suppe propuso es casi idéntico al de van Fraassen: una teoría no es mas que un sistema relacional formado por dos componentes, un dominio que contiene todos los espacios de estados lógicamente posibles de los sistemas estudiados, y cierto número de relaciones entre estados, determinadas por los axiomas de la teoría, que especifican las trayectorias y regiones físicamente posibles. Para Suppe, "físicamente posible" quiere decir "causalmente posible".

Usando una terminología análoga a la de Adams, Suppe describe la base empírica de una teoría como un "alcance pretendido" (*intended scope*) de la experiencia, constituido por lo que él llama los "datos duros" (*hard data*). Si bien concibe la parte puramente teórica de una teoría de una manera muy similar a la de van Fraassen, difiere, en cambio, en la interpretación de los "datos duros" que constituyen el alcance pretendido. No es necesario interpretarlos en el sentido de "directamente observable". Según Suppe, la dicotomía "observacional/teórico" no tiene papel alguno en la epistemología. Debe ser reemplazada por una distinción, *relativa a una teoría dada*, entre, por un lado, los datos *no problemáticos* para la teoría en cuestión (los datos "duros") y, por otro, las hipótesis teóricas características de la teoría, que son confrontadas con los datos no problemáticos.

Los "datos duros" de Suppe son relativos no sólo a una teoría particular, sino también en el sentido de que, incluso dentro de la

teoría en cuestión, pueden revisarse en todo momento. La razón es que las estructuras que constituyen la base empírica de una teoría son siempre estructuras conceptuales muy abstractas e idealizadas. Suppe asigna un lugar importante a la noción de *idealización* en las ciencias empíricas. Los datos son obtenidos mediante un proceso muy complejo, seleccionando algunos parámetros de entre otros para la descripción de los fenómenos (lo que constituye la esencia del proceso de la idealización); esta selección siempre puede ponerse en duda en el seno mismo de la teoría si las cosas no van como se esperaba o si hemos sido capaces de elaborar métodos de análisis más avanzados.

En la concepción de Suppe, una teoría es *empíricamente verdadera* (o *adecuada*) si los datos duros coinciden con los modelos de la teoría o, más exactamente, si los sistemas físicos que constituyen el alcance pretendido coinciden con los espacios de estados causalmente posibles determinados por las leyes teóricas (admitiendo siempre algunas idealizaciones). Pero dado que hemos visto que estos "datos duros" son, ellos mismos, estructuras abstractas e idealizadas, construidas, no podemos afirmar que una teoría empíricamente verdadera en este sentido refleje la "realidad tal cual es". La epistemología de Suppe es, en este punto, muy similar a la de van Fraassen. Sin embargo, difiere en un aspecto importante. La condición de adecuación entre datos y espacios de estados causalmente posibles es, de hecho, sólo una condición necesaria, pero no suficiente por sí misma, para el buen funcionamiento de una teoría empírica. Suppe añade lo que califica de requisito "antinominalista": los parámetros seleccionados por la descripción de los datos duros deben corresponder a *clases naturales*, y no ser escogidos *ad hoc*. Y la noción de "clase natural" no es antropomórfica; muy al contrario, se supone que corresponde a aspectos de la realidad independientes de la observación y de la teorización humanas. El postulado según el cual los parámetros seleccionados para determinar los datos corresponden a clases naturales nos permite justificar la suposición (contrafáctica) según la cual "el mundo real sería exactamente como lo describe la teoría, caso de que las únicas clases naturales pertinentes fueran las que corresponden a los parámetros escogidos", es decir, si pudiéramos eliminar con éxito toda idealización (lo que siempre resulta imposible en la práctica). Es por esta razón que Suppe describe su propia posición como un "cuasi realismo" (en contraposición con el empirismo radical de van Fraassen). Sin embargo, esta posición tiene también su propia dificultad, análoga a la que encontramos

en van Fraassen en relación con la observabilidad: ¿de qué criterios disponemos para distinguir los parámetros que designan clases naturales de aquellos que no las designan? Parece que los únicos criterios factibles en una disciplina científica cualquiera (si no queremos apoyarnos en una metafísica esencialista de clases naturales) son los que la teoría misma proporciona. Por tanto, parece que el "cuasi realismo" de Suppe es aún más débil de lo que el prefijo "cuasi" connota y que corre el riesgo de ser simplemente un *seudo* realismo.

El tercer protagonista de las concepciones semanticistas, Ronald Giere, ha desarrollado su propia versión de esta concepción en el marco de un programa metacientífico más amplio que el de los dos autores precedentes –el de una perspectiva *cognitivista* general–. En el curso de los años, resultó evidente para Giere que no existe ninguna diferencia esencial entre la filosofía de la ciencia y las ciencias cognitivas, teniendo ambas disciplinas el mismo objeto de estudio y (potencialmente) los mismos métodos de investigación. (Se podría intepretar esta fusión como una manera concreta de comprender el proyecto de Quine de una "epistemología naturalizada".) Esta tendencia hacia el cognitivismo ya se nota en su primera obra sistemática, *Explaining Science* (1988) [Explicando la ciencia], pero se hace aún más evidente en su segundo tratado, *Cognitive Models of Science* (1992) [Modelos cognitivos de la ciencia].

Al igual que en los otros autores referidos en este capítulo, el punto de partida de Giere descansa en el "núcleo duro" de una teoría como conjunto de modelos. Sin embargo, a diferencia de los otros representantes del modelismo, él no quiere limitarse a una reconstrucción formal determinada de los modelos en cuestión –ni en tanto que estructuras conjuntistas, ni en tanto que espacios de estados–. Su concepto de "modelo teórico" es extremadamente amplio (y también hay que decirlo: peligrosamente vago). Los modelos que constituyen las teorías científicas pueden ser, según él, todo tipo de entidades abstractas que normalmente se describen por medio de un lenguaje más o menos técnico, pero que a veces también pueden ser determinadas por medios no lingüísticos (por ejemplo, gráficas, esquemas, mapas, etc.). La sola característica común a todos los modelos tomados en este sentido es que se trata de entidades abstractas, no empíricas o "mentales", que son construidas y validadas socialmente por una comunidad de científicos.

Ahora bien, la función de estas entidades abstractas que llamamos "modelos teóricos", al menos en las ciencias empíricas, se compone (como en otras concepciones modelísticas) de una representa-

ción de ciertos aspectos de sistemas reales mediante algunas *hipótesis teóricas* que vinculan los modelos con la realidad y que afirman que un sistema real dado es *parecido*, en ciertos aspectos y en cierta medida, a un modelo construido en el discurso científico. Así, por ejemplo, por un lado tenemos un sistema real como el constituido por la Tierra, el Sol y la Luna, y, por otro, un modelo de la mecánica newtoniana tal como el descrito por tres partículas que se atraen mutuamente con una fuerza proporcional a la inversa del cuadrado de la distancia. La hipótesis que lanza aquí el científico es que ciertos aspectos del sistema Sol-Tierra-Luna (por ejemplo, sus posiciones y sus aceleraciones respectivas) son muy próximos al modelo de tres partículas con el tipo de fuerza descrito.

Al igual que en Suppe, el instrumento conceptual de la idealización o la aproximación tiene un papel esencial en la concepción de Giere acerca de la relación entre los modelos teóricos y la realidad que se supone representan. Por supuesto, si no estamos satisfechos con el grado de aproximación y/o de idealización constatado en la relación entre el sistema estudiado y el modelo propuesto, podemos cambiar de modelo, y construir otro tomando en cuenta algunos aspectos del sistema real que antes fueron ignorados y que nos conducen a grados de aproximación más adecuados. Pero es utópico suponer que podremos alcanzar algún día una correspondencia exacta entre el modelo y la realidad. Esto es así en virtud de la naturaleza misma tanto del modelo como del objeto representado.

De este pluralismo y este "imperfeccionismo" de la relación entre los modelos y los sistemas reales, Giere extrae una consecuencia más general sobre la naturaleza de las teorías científicas —consecuencia que no es el resultado de una argumentación lógica estricta, sino que es, a lo sumo, sugerida por la situación descrita: las teorías científicas son entidades irremediablemente vagas, sus condiciones de identidad no pueden fijarse con precisión—. Por ejemplo, es imposible decir lo que realmente tienen en común *todos* los modelos newtonianos. Tienen, sin duda, un "aire de familia", aunque esta semejanza es insuficiente para proporcionarnos una definición formal y unívoca de la noción general de "modelo newtoniano". La cuestión de saber si dos modelos propuestos para estudiar un mismo sistema pertenecen o no a la misma familia (por ejemplo, a la "familia newtoniana") la deciden exclusivamente los miembros de la comunidad científica en un momento dado. Esto no significa que una semejanza objetiva pueda juzgarse de una manera correcta o incorrecta, sino que el conjunto de juicios de los científicos *determina* la cuestión de

saber si la semejanza es suficiente. Esto es un aspecto basado en el hecho de que las teorías no sólo son construidas, sino que además son "socialmente construidas".[6] Claramente, Giere introduce así un fuerte elemento pragmático en su concepción de la identidad de las teorías científicas.

Sobre la base de esta concepción pragmática (que se aleja de los postulados más tradicionales del semanticismo), Giere adopta un tipo particular de "realismo", al cual da el nombre de "realismo construcfivista" –en oposición al "empirismo construcfivista" de van Fraassen–. Se trata de una concepción donde la dimensión "constructivista" es mucho más fuerte que la dimensión "realista". En efecto, para Giere, la ciencia tiene un aspecto esencialmente constructivo –la construcción de modelos–, y siempre habrá modelos diferentes para representar de manera alternativa el mismo sistema real. Existen, sin duda, unos modelos mejores que otros, y no podemos especificar esta diferencia apelando sólo a la "realidad". No hay nada en el mundo que determine los aspectos "verdaderamente esenciales" que uno debe representar por medio de los modelos, ni el grado de adecuación de una representación propuesta. La especificación de la diferencia entre "buenos" modelos y modelos "menos buenos" es una cuestión que remite en última instancia a intereses humanos, y estos intereses no son sólo epistémicos, sino también son prácticos. Esta constatación nos lleva a cierto relativismo, pero no a un relativismo radical: para poner un ejemplo del propio Giere, podemos circular por Nueva York de una manera más o menos adecuada con diferentes mapas de la ciudad, pero no con un mapa de San Francisco. Esta diferencia nos permite comprender, según Giere, que la dosis de relativismo inherente a la pluralidad y a la imperfección sustancial de los modelos, en tanto que representaciones de la realidad, es compatible con cierta dosis de realismo: hay algo en la realidad que hace que dos planos diferentes de Nueva York puedan utilizarse para circular por la ciudad, y que al mismo tiempo hace que un plano de San Francisco sea completamente inservible.

Ahora bien, el problema con este tipo de realismo "moderadamente relativista" es que, en un análisis más fino, parece muy próximo al antirrealismo (*à la* van Fraassen, por ejemplo). Los instrumentalistas o los antirrealistas pueden muy bien aceptar que haya modelos más o menos adecuados a un cierto dominio de la experiencia, mientras que otros no lo son. Pero si no se es un poco más

[6] *Cfr.* R. Giere, *Explaining Science*, p. 86.

preciso que Giere sobre la naturaleza de los sistemas reales que determinan, por medio de la relación de "semejanza suficiente", que ciertos modelos son válidos y otros no, y si el propio criterio de "semejanza suficiente" se deja al arbitrio de la comunidad científica del momento, entonces el instrumentalista no se dejará impresionar. Como en el caso de Suppe, aunque por otras razones, el "realismo constructivo" de Giere se revela al fin peligrosamente próximo al pseudorealismo o a un verdadero instrumentalismo.

5. *El estructuralismo metateórico*

Sin duda, la concepción estructuralista de las teorías científicas forma parte de los enfoques que hemos englobado con la etiqueta común de "modelismo", ya que concede un lugar preeminente a la noción de modelo y está fuertemente inspirada en los trabajos de la escuela de Stanford. No puede considerarse como una simple continuación del conjuntismo suppesiano, porque ha desarrollado un aparato conceptual de análisis de las ciencias empíricas mucho más complejo y sofisticado que el de Suppes y sus discípulos, intentando incorporar de forma sistemática aspectos importantes del análisis propuesto por autores historicistas como Kuhn y Lakatos (especialmente el primero, quien reconoció —como hemos visto— sus afinidades profundas con el estructuralismo, a pesar de las diferencias aparentemente insalvables "en la superficie").

Antes de que comencemos a exponer las ideas principales del estructuralismo que hemos calificado de "metateórico", se hacen necesarias algunas precisiones históricas y terminológicas para evitar enojosos malentendidos. El estructuralismo del que aquí se trata no tiene mucho que ver con el estructuralismo francés —corriente que marcó profundamente la filosofía y las ciencias humanas en Francia durante los años sesenta y setenta—. También tiene poco que ver con la manera "estructuralista" de practicar la lingüística y la interpretación literaria, extendida hoy un poco por todos los lugares del mundo. El único "estructuralismo" con el cual la concepción estructuralista de la filosofía contemporánea de la ciencia tiene una afinidad metodológica es con el practicado en el estudio de los fundamentos de la matemática, sobre todo (aunque no únicamente) en la versión puesta en práctica por el grupo llamado Bourbaki sobre la reconstrucción conjuntista de las teorías matemáticas. Habrán de pasar varios años antes de que el programa de investigación metateórica que examinamos aquí lleve su nombre actual. El pionero de estos estudios, Joseph D. Sneed (Estados Unidos, nacido en 1938), no atribuye

ninguna denominación específica a la concepción formulada en su obra fundacional, *The Logical Structure of Mathematical Physics* (1971) [La estructura lógica de la física matemática]; solamente caracteriza una parte de sus resultados como una "concepción de Ramsey modificada" (*emended Ramsey view*). Sin embargo, esta descripción resulta completamente inadecuada o, en el mejor de los casos, se refiere a un aspecto bastante secundario de su concepción. El otro "fundador" del estructuralismo en filosofía de la ciencia, Wolfgang Stegmüller (Austria, 1923-1991), en su primera obra, *Theorienstrukturen und Theoriendynamik* (1973) [Estructura y dinámica de teorías], consagrada a la nueva metateoría, retoma y desarrolla la concepción de Sneed, caracterizándola como una "concepción no enunciativa" (*non-statement view*) de las teorías científicas —denominación un poco menos inadecuada que la precedente, pero aún bastante incompleta—. Es sólo hacia fines de los setenta que el lógico y filósofo israelí Yehoshua Bar-Hillel sugirió a Stegmüller describir su concepción como un tipo de estructuralismo, en razón de su semejanza (metodológica) con el estructuralismo del grupo Bourbaki en matemáticas. Stegmüller aceptó esta sugerencia y tituló su nueva obra programática *The Structuralist View of Theories* (1979) [La concepción estructuralista de las teorías]. Si bien esta denominación no es totalmente satisfactoria, pues se presta a confusión y no captura todos los aspectos relevantes de esta nueva corriente, es, sin embargo, la que ha terminado imponiéndose y la que mantendré aquí.

La aparición del libro de Sneed pasó casi totalmente desapercibida debido a su complejidad y a la novedad de sus ideas, así como al nivel altamente técnico del aparato conceptual utilizado, pero también por su estilo expositivo, que se parece más a un informe de investigación que a un ensayo destinado a una amplia audiencia. Sin embargo, Stegmüller, en ese entonces conocido como representante de la filosofía clásica de la ciencia y en un momento de cuestionamiento de la misma a causa de las dificultades inherentes a la "teoría de los dos niveles" (y a causa también de la lectura de Kuhn), comprende el potencial de la obra de Sneed para resolver ciertas dificultades de principio que le preocupan. En *Theorienstrukturen und Theoriendynamik*, expone las ideas de Sneed de una manera más accesible y propone aplicarlas al desarrollo de una nueva concepción de las teorías científicas: ésta debe permitir que se salga del callejón sin salida al que la concepción clásica había conducido a la filosofía de la ciencia, y "reconstruir racionalmente" las nociones y las tesis de Kuhn (y, en cierta medida, también las de Lakatos). La comunidad

de epistemólogos, "clásicos" o "historicistas", se empieza a interesar entonces por la nueva metodología propuesta por Stegmüller.

De 1974 a 1976, Sneed colaboró estrechamente con Stegmüller en el instituto que éste dirigía en Munich, y con otros dos investigadores, Wolfgang Balzer (Alemania, nacido en 1947) y el autor de estas líneas (Venezuela/España, nacido en 1946). Así toma forma el "programa estructuralista de reconstrucción de las ciencias empíricas", que se desarrolla y evoluciona gradualmente a partir de mediados de los años setenta para llegar a su punto culminante en la obra de Balzer, Moulines y Sneed, *An Architectonic for Science* (1987) [Una arquitectónica para la ciencia]. Tomaré esta obra como referencia para exponer aquí los principales elementos del estructuralismo. El programa estructuralista puede ser caracterizado como un "programa abierto" en el sentido de que muchos de sus conceptos, principios y métodos han sido ampliados, modificados, revisados después de su aparición, conforme se iban encontrando dificultades internas (más o menos técnicas) en el aparato conceptual, malentendidos en su interpretación epistemológica general o insuficiencias en su aplicación a la reconstrucción de teorías concretas de disciplinas empíricas. Algunos de los desarrollos posteriores más importantes están reunidos en la compilación de Balzer y Moulines, *Structuralist Theory of Science. Focal Issues, New Results* (1996) [La teoría estructuralista de la ciencia. Temas centrales, nuevos resultados]. Muchos autores de todo el mundo han contribuido posteriormente a los trabajos de lo que a veces se ha llamado "la escuela de Munich". Hay que decir que los "estructuralistas" han tomado siempre muy en serio la conminación a aplicar su metateoría a cuantos casos concretos y reales de teorías científicas sea posible. (En el momento en que escribo estas líneas, al menos unas cincuenta teorías de disciplinas científicas –de la física a la sociología pasando por la química, la biología, la psicología y la economía– han sido reconstruidas con todos los detalles y la precisión necesaria.)[7]

El aparato conceptual que los estructuralistas utilizan en sus análisis y sus reconstrucciones es más complejo que el de las otras concepciones modelísticas que aquí se discuten. Este aparato emplea

[7] Para una lista detallada (aunque no exhaustiva) de contribuciones al programa estructuralista, véase la bibliografía establecida por W. Diederich, A. Ibarra y T. Mormann, "Bibliography of Structuralism" [Bibliografía del estructuralismo]. Un compendio de reconstrucciones de teorías particularmente características de disciplinas diversas ha sido reunido por W. Balzer, C.U. Moulines y J.D. Sneed en *Structuralist Knowledge Representation: Paradigmatic Examples* [Representación estructuralista del conocimiento: ejemplos paradigmáticos].

instrumentos formales bastante técnicos de la teoría de conjuntos y de otras ramas de las matemáticas. Lejos de provenir (como lo han sugerido algunos críticos) del deseo absurdo de hacer más complicadas las cosas de lo que son, esta complejidad formal viene del reconocimiento de que los objetos de estudio (las teorías científicas y las relaciones que existen entre ellas) son, en general, entidades ellas mismas muy complejas y que, si uno no diera cuenta de esta complejidad, se caería en una visión demasiado simplista o vaga de la estructura de las ciencias empíricas. Sin embargo, intentaremos dar un vistazo a los elementos esenciales de la metodología estructuralista sin sobrecargar de detalles formales y desde la perspectiva más "intuitiva" posible.

El estructuralismo debe su nombre a la idea básica, común a los otros enfoques modelísticos, según la cual la manera más conveniente de interpretar la "esencia" de una teoría científica no consiste en recurrir a un conjunto de proposiciones, sino a la agrupación de tipos diferentes de *estructuras complejas,* ellas mismas compuestas de estructuras más simples. Las estructuras más simples que constituyen una teoría son los modelos, concebidos (en la tradición Tarski-McKinsey-Suppes) como tuplas de la forma:

$$< D_1, \ldots, D_m, R_1, \ldots, R_n >,$$

donde las D_i representan los "dominios base" y las R_i son relaciones construidas (en el sentido de la teoría de conjuntos) sobre los dominios base. Estos fijan "la ontología", es decir, los conjuntos de objetos admitidos por la teoría como "reales". Las relaciones fijan las relaciones admitidas entre los objetos de estos diversos conjuntos; en las teorías un tanto "avanzadas" estas relaciones serán generalmente funciones numéricas, es decir, magnitudes. Los dominios y las relaciones específicas de una teoría particular son caracterizadas por cierto número de condiciones formales que determinan el "marco conceptual" de la teoría; por ejemplo, podremos especificar que el dominio D_1 debe ser un conjunto finito de objetos, mientras que el dominioD_2 debe ser un continuo, que la relación R_1 debe ser una relación simétrica y transitiva o que la relación R_2 debe ser una función dos veces diferenciable sobre los números reales, y así sucesivamente. Cuando todas estas condiciones formales del "marco conceptual" son satisfechas, se dice que la estructura en cuestión es un *modelo potencial* de la teoría. Es "potencial" en el sentido de que fija un marco posible para concebir la realidad sin que tengamos

aún la garantía de que sirva para representar algunos aspectos sustanciales de ésta, construir explicaciones o hacer predicciones. Las condiciones estipuladas son puramente *a priori*. Para que la estructura en cuestión sea no sólo un modelo potencial, sino también un *modelo actual*, es necesario que, además de sus "condiciones-marco", satisfaga "leyes de la naturaleza", es decir, ciertos axiomas en el sentido propio del término. Puesto que el estructuralismo no defiende una concepción proposicional de las teorías, no considera esencial decidir qué formulación concreta de estos axiomas se debe escoger; habrá siempre un número indeterminado de conjuntos diferentes de axiomas propios que determinan la misma clase de modelos actuales; sin embargo, es importante, de una manera o de otra, fijar la clase de modelos con los cuales se quiere "decir alguna cosa sustancial sobre el mundo".

La identificación de una teoría cualquiera consiste pues, primeramente, en fijar el conjunto de sus modelos potenciales y actuales. Hasta ahí la metodología reconstructiva del estructuralismo no se distingue esencialmente de los otros enfoques modelísticos, sobre todo de la metodología de la escuela de Stanford (si bien la primera subraya la necesidad de distinguir claramente entre lo que corresponde al marco conceptual *a priori* y lo que corresponde a las leyes sustanciales con contenido empírico). Sin embargo, esto no es más que el *primer paso* en la identificación de una teoría. Una tesis central del estructuralismo es justamente que las teorías empíricas (al contrario de las puramente matemáticas) están generalmente constituidas por más elementos que los modelos potenciales y actuales. Existen al menos otros cuatro componentes, que son esenciales para la correcta comprensión de su funcionamiento, para determinar la identidad de una teoría.

1) Los modelos (potenciales o actuales) de una teoría cualquiera no aparecen aislados los unos de los otros: están vinculados por ciertas condiciones (generalmente implícitas) que constriñen los componentes de cada modelo (por ejemplo, los valores de una función determinada) en función de componentes de otros modelos. Desde un punto de vista formal, se trata aquí de condiciones de segundo orden (de condiciones *sobre* los modelos y no de condiciones *en* los modelos). El término utilizado para estas condiciones es el de "condiciones de ligadura" (*constraints* en inglés, *Nebenbedingungen* en alemán). Ejemplos de tales condiciones de ligadura, familiares a estudiantes de física, son los principios de invariancia. Las combinaciones de modelos que no satisfacen estas restricciones o condicio-

nes de ligadura quedan simplemente excluidas de la identidad de la teoría.

2) Las teorías mismas no son entidades aisladas las unas de las otras. Esto quiere decir que los modelos de una teoría están vinculados no sólo a otros modelos de la misma teoría, sino igualmente a modelos de teorías *diferentes*. Por ejemplo, es esencial saber, para el buen funcionamiento de la termodinámica, que sus modelos empíricamente válidos están vinculados de una manera determinada a modelos de la hidrodinámica. Estos *vínculos interteóricos* (*links* en inglés, *Bände* en alemán) pertenecen asimismo a la "esencia" de una teoría empírica.

3) En general, hay que distinguir dos niveles conceptual y metodológicamente diferentes en el seno de una misma teoría: el de los conceptos que son *específicos* a la teoría en cuestión y que pueden ser determinados solamente si se presupone la validez de la teoría, y el de aquellos conceptos que provienen "de fuera", generalmente de otras teorías "subyacentes". Los primeros pueden ser calificados de *T-teóricos* en relación con la teoría *T*, los segundos de *T-no-teóricos*. La tupla de conceptos *T-no-teóricos* constituye evidentemente una subestructura de un modelo potencial de *T*. El conjunto de estas subestructuras recibe el nombre de "conjunto de modelos potenciales parciales". Desde un punto de vista intuitivo, este conjunto constituye el marco conceptual de los datos que supuestamente confirman o desconfirman la teoría, dado que los conceptos que los constituyen son independientes de la teoría en cuestión. Esta distinción entre dos niveles conceptuales podría ser interpretada como una reminiscencia de la teoría de los dos niveles (teórico/observacional) de la filosofía clásica de la ciencia. Pero tiene, de hecho, un sentido completamente diferente: la distinción estructuralista entre conceptos *T*-teóricos y *T*-no-teóricos no es meramente semántica (y, menos aún, sintáctica); no apela a la posibilidad de una "observación directa" y tampoco es universal (es decir, la misma para todas las teorías científicas, como cuando se postula un "lenguaje observacional" común a todas las ciencias), sino "local", es decir, relativa a cada teoría. Lo que es *T*-teórico con respecto a una teoría puede ser *T*-no-teórico con respecto a otra. Por ejemplo, las magnitudes dinámicas, masa y fuerza, son *T*-teóricas en la mecánica, pero *T*-no-teóricas en la termodinámica.

4) Toda teoría empírica, que quepa tomar en serio, es *aproximativa*. La aproximación puede ser cualitativa o cuantitativa y puede variar según el tipo de aplicación que se tenga en mente; pero en

ningún caso es un "modelo exacto" lo que se utiliza para representar la experiencia, sino más bien un conjunto "borroso" de modelos, determinado dentro de unos límites admisibles de "emborronamiento". Para definir estos "conjuntos borrosos", los estructuralistas (inspirados en este punto por Ludwig) recurrieron a la noción topológica de *uniformidad*. Estas uniformidades de modelos también pertenecen, de modo esencial, a la identidad de las teorías empíricas.

La combinación coherente de los seis conjuntos de estructuras que acabamos de describir (el conjunto de los modelos potenciales, el de los modelos actuales, el de los modelos potenciales parciales, el de las condiciones de ligadura, el de los vínculos interteóricos y la estructura de aproximación determinada por una uniformidad) constituye lo que podemos llamar el *núcleo* (formal) de una teoría, simbolizado por *K*. Se puede decir que *K* sintetiza la identidad formal de la teoría. Es formal en el sentido de que todos sus componentes pueden ser definidos, en principio, con toda precisión usando instrumentos formales de la teoría de modelos, la teoría de conjuntos y la topología. Sin embargo, otra tesis básica del estructuralismo es que esta estructura de estructuras no agota todo lo que hay que conocer de una teoría para saber de qué teoría se trata y cómo funciona. La razón de ser de una teoría *empírica* consiste justamente en el hecho de que todo este aparato formal supuestamente es *aplicable* a alguna cosa externa a él, a fenómenos que se supone existen independientemente del aparato formal. Este "mundo exterior" está descrito por los estructuralistas, que se apoyan en la noción introducida por Adams como el "dominio de aplicaciones intencionales", simbolizado por *I*. Como Adams lo había señalado ya, debe ser considerado asimismo como perteneciente a la identidad de la teoría, puesto que sin él no sabríamos con qué objeto fue construida.

Ahora bien, el estructuralismo hace tres suposiciones epistemológicas fundamentales sobre la manera adecuada de concebir este dominio *I*. Primeramente, no se trata ciertamente de la "realidad pura" ni de la "experiencia pura" —suponiendo que estas expresiones tengan sentido—. *I* está conceptualmente determinado por conceptos de los que ya se dispone antes de que la teoría empiece a funcionar. Son conceptos que, con toda seguridad, provienen del "exterior", pero que, en cierto sentido, también pertenecen a la teoría. Para decirlo brevemente, se trata de conceptos *T*-no-teóricos en el sentido antes explicado. Su combinación coherente forma subestructuras de modelos potenciales de la teoría o, dicho en otros términos, el dominio *I* debe ser concebido como un subcojunto del conjunto

de los modelos potenciales parciales. En segundo lugar, las aplicaciones intencionales de una teoría dada no pretenden referirse a la totalidad del universo o de la experiencia. Son múltiples y locales. Representan "pequeñas partes" de la experiencia humana. Además, cada teoría tiene su dominio particular de aplicaciones intencionales, pudiendo coincidir los dominios de teorías diferentes de manera total o parcial, estar en relaciones mutuas o no tener absolutamente ninguna relación entre sí. Finalmente, concibiendo *I* como un subconjunto del conjunto de modelos potenciales parciales, no damos más que una caracterización bastante débil de este dominio. Se trata solamente de una condición necesaria aunque apenas suficiente de pertenencia a *I*. La determinación unívoca completa de *I* escapa, por principio, al análisis formal. La razón es que este dominio es una suerte de entidad fuertemente dependiente de factores pragmáticos e históricos que, por su naturaleza misma, no son determinables formalmente. Por consiguiente, en la identidad esencial de toda teoría empírica hay un componente irreductiblemente pragmático-histórico, no formalizable. Nos enfrentamos aquí a los límites del análisis formal de las ciencias empíricas –lo que no quiere decir, obviamente, que no se puedan obtener valiosos resultados en este género de análisis al considerar los aspectos que sí son formalizables–.

En un primer análisis, pues, una teoría es, desde el punto de vista estructuralista, un par $< K,I >$, donde *K* es un núcleo formal e *I* un dominio de aplicaciones intencionales. Este par está asociado a la "afirmación empírica" según la cual *I* puede ser efectivamente (o aproximadamente) subsumido bajo *K* –esto es, en lo que la teoría "dice acerca del mundo"–. Esta definición de la noción de teoría empírica recuerda, sin duda, la de Adams, para quien una teoría también es un par $< M,I >$ asociado a una "pretensión empírica"; sin embargo, como podemos ver, el análisis estructuralista se diferencia bastante del de Adams, puesto que, en el caso de los estructuralistas, *M* es sólo *uno* de los componentes del núcleo y la pretensión empírica no postula simplemente que *I* es un subconjunto de *M*, sino que existe una relación bastante más compleja entre los dos –la relación de subsunción–.

Acabamos de decir que el estructuralismo concibe una teoría como un par $< K,I >$ "en un primer análisis". De hecho, el estructuralismo propone concebir las teorías "normales" como estructuras más complejas aún. La razón es que un par del tipo $< K,I >$ representa sólo el caso más simple que uno puede imaginar de teoría científica –aquél en el que la parte "sustancial" de la teoría está formada

sólo por una única ley—. Estas unidades simples son llamadas "elementos teóricos". No pueden constituir una buena representación de una teoría empírica más que en los casos de disciplinas poco desarrolladas. Pero en teorías más avanzadas (como lo son prácticamente todas las ciencias naturales y la mayor parte de las sociales), se puede uno convencer fácilmente de que se trata más bien de "agrupaciones" de un mayor o menor número de elementos teóricos, puesto que contienen varias leyes, de distinto grado de generalidad, subordinadas unas a otras. La denominación específica para estas agrupaciones es la de "red teórica". Estas unidades reflejan el hecho de que las teorías "normales" de las ciencias empíricas tienen la forma de estructuras altamente *jerarquizadas* ("piramidalmente", si uno considera la imagen gráfica de las mismas). Habitualmente, hay una sola ley fundamental (en general, de contenido esquemático) que constituye el elemento teórico en el vértice más alto de la red y, debajo de él, una serie de leyes (y de condiciones de ligadura) cada vez más especializadas (constituyendo cada una un elemento teórico con su propio dominio de aplicaciones intencionales), que provienen directa o indirectamente de la aplicación de un proceso que podemos llamar de "especificación" (por ejemplo, especificación de las relaciones entre las magnitudes que aparecen en la ley fundamental, concretización de parámetros o de "constantes", restricción de las aproximaciones admitidas, etc.). La reconstrucción estructuralista detallada de docenas de ejemplos de teorías de las disciplinas más variadas ha mostrado que es esta forma de red teórica la que corresponde mejor al concepto intuitivo de teoría que encontramos en los manuales científicos. Para dar un solo ejemplo, que ha sido reconstruido en detalle por los estructuralistas, la teoría a la que habitualmente llamamos "mecánica newtoniana de partículas" consiste en una red en la que el elemento teórico de arriba —en el vértice más alto— está constituido por el segundo principio de Newton, más un gran número de especializaciones sucesivas, las primeras aún muy generales por sus contenidos y sus dominios de aplicación (tales como el principio de acción y reacción o el postulado según el cual las fuerzas dependen de las distancias), hasta llegar a leyes muy particulares, tales como la ley de Hooke para los resortes.[8] A pesar de esta complejidad, lo que hace que una red pueda

[8] El lector podrá encontrar la reconstrucción (casi) completa de la red de la mecánica newtoniana, así como la red de otras teorías de la física y la química, en *An Architectonic for Science*. Otras redes de teorías físicas, biológicas, psicológicas, económicas, etc., han sido reconstruidas en detalle por otros autores.

ser concebida como una unidad epistemológica y metodológica, es, en primer lugar, el hecho de que dispone de un marco conceptual común (formalmente, que los modelos potenciales sean los mismos) y, en segundo lugar, que todos los elementos teóricos que la componen en sus diversos niveles son siempre construibles como especializaciones (en un sentido que se puede definir formalmente sin ambigüedad) del elemento teórico en lo alto de la red.

Hasta aquí, hemos visto lo esencial del concepto estructuralista de teoría empírica desde un punto de vista estrictamente *sincrónico*. Ahora bien, este concepto se puede "poner en marcha" y representar aspectos *diacrónicos* de las teorías científicas (inspirándose en las ideas de Kuhn de una manera indirecta –aunque aceptada por el propio Kuhn–). En el análisis estructuralista, una teoría en el sentido diacrónico no es simplemente una red teórica que preserva su forma original en el curso de la historia; al contrario, hay que tomar en cuenta el hecho de que las redes teóricas están normalmente sujetas a modificaciones más o menos importantes en el curso de su desarrollo histórico, sin perder sin embargo lo esencial de su identidad. Una teoría, desde el punto de vista diacrónico, es una red que *evoluciona* o, para ser más precisos, una secuencia de redes en el tiempo vinculadas por condiciones determinadas. La entidad diacrónica que resulta de este género de proceso ha sido denominada por los estructuralistas "evolución teórica". En cierto sentido, la noción estructuralista de evolución teórica es una precisión (y, por ende, una mejor base para una contrastación efectiva) de la noción kuhniana de "ciencia normal". También esta noción ha sido aplicada al estudio de casos concretos, tales como la evolución de la mecánica newtoniana y la de la termodinámica fenomenológica.

A pesar de su innegable éxito, una de las críticas que se han hecho al programa estructuralista es que el aparato metateórico empleado es demasiado complicado y que hay que realizar un esfuerzo considerable para "digerirlo" antes de poder aplicarlo al análisis de problemas epistemológicos interesantes. A lo cual los estructuralistas (como yo mismo) replican que es la evolución misma de la filosofía de la ciencia lo que les ha llevado a dar con un nivel de complejidad más elevado, mostrando que los instrumentos conceptuales utilizados por los autores y corrientes precedentes eran demasiado simples y/o demasiado vagos, en todo caso insuficientes, para dar cuenta de ciertos aspectos esenciales de las teorías científicas. Después de todo, las teorías científicas (y sus relaciones) son objetos, ellos mismos, bastante complicados y sería sorprendente que uno pudiera analizar

bien objetos tan complejos con instrumentos simples e imprecisos. Sea o no demasiado complicada, la metateoría estructuralista ha mostrado ser aplicable de manera convincente a muchos más casos particulares que las demás metateorías. Es un hecho estadístico fácil de verificar.

Otra crítica frecuente es que aunque la metateoría estructuralista haya sido capaz de reconstruir teorías científicas particulares, no ofrece, sin embargo, ninguna respuesta a los grandes problemas epistemológicos y ontológicos que han preocupado a los filósofos de la ciencia desde los comienzos. El estructuralismo no nos ayuda a decidirnos por concepciones como el empirismo, el realismo, el antirrealismo o el instrumentalismo, ni a determinar el papel de la inducción o la probabilidad en la investigación científica, ni a aclarar las nociones de ley natural o explicación científica... Esta objeción está hasta cierto punto fundada. El silencio del estructuralismo sobre estas cuestiones se debe a razones contingentes (personales), pero también es un resultado de la prudencia: sabemos todavía muy poco acerca de la auténtica naturaleza y el verdadero funcionamiento de las teorías científicas como para estar en condiciones de dar respuestas satisfactorias a todas estas cuestiones. Sin embargo, desde hace algunos años, se han hecho algunos esfuerzos en esta dirección.[9]

6. *El pluralismo modelístico de Nancy Cartwright y el experimentalismo pluralista de Ian Hacking*

Durante los dos últimos decenios del siglo XX, las cuestiones de la relación entre los modelos y la experiencia y entre los modelos y las teorías generales continuaron atrayendo la atención de los filósofos de la ciencia, incluso independientemente de una metateoría general sobre las ciencias. Nancy Cartwright (Estados Unidos, nacida en 1943) ha estado particularmente interesada en este tema. Su filosofía de la ciencia tiene algunos puntos en común con las concepciones semanticistas, sobre todo con el "pluralismo" metodológico de Giere. Desde un punto de vista más general, Cartwrigtht, aun perteneciendo a una generación posterior a la de Suppes y sus colaboradores inmediatos, ha sido, sin duda, influida por la escuela de Stanford: ella comenzó su carrera precisamente en esta universidad.

Si estudiamos sus ideas un tanto por separado, es porque su concepto de teoría sigue siendo bastante clásico en el sentido en que

[9] Véase, por ejemplo, el número especial de la revista *Synthese* consagrado al estructuralismo (vol. 130, 2002) y que yo compilé.

una teoría general está asociada esencialmente a enunciados generales, es decir, a leyes. Pero, por otra parte, podemos subsumir su enfoque bajo el conjunto de enfoques modelísticos, puesto que la noción de modelo ocupa un papel central en su filosofía, en detrimento de la noción de teoría, que ocupa uno más secundario. Además, los modelos de Cartwright son construcciones hechas, sobre todo, para dar cuenta de los experimentos concretos, quizá incluso aparte de toda teoría reconocida. Más aún que en el caso de las concepciones modelísticas precedentes, su aproximación se caracteriza por una profunda desconfianza en relación con las pretensiones de aplicación "universal" de las leyes fundamentales y de las "grandes" teorías científicas; privilegia el carácter "local" de la construcción de modelos para dar cuenta de situaciones experimentales concretas.

Se pueden distinguir dos fases en la evolución del pensamiento de Cartwright en lo que concierne al papel de las teorías y las leyes fundamentales –dos fases que no son contradictorias, pero en donde el énfasis en la cuestión de la relación modelo-experiencia es ciertamente diferente–. En la primera, las teorías y sus leyes fundamentales mantienen una función no despreciable en cuanto guías para la aplicación de modelos a la experiencia, aunque esta función no es la que habitualmente se supone –procurar una descripción verdadera del mundo real–. La primera obra verdaderamente importante de Cartwright, *How the Laws of Physics Lie* (1983) [Cómo mienten las leyes de la física], señala la dirección que sus reflexiones toman sobre el papel de las leyes y las teorías generales: son simplemente esquemas abstractos, sin verdadero contenido empírico, que tienen por misión guiar a los científicos en su construcción de modelos empíricos. Incluso sin presuponer una distinción neta entre un nivel observacional y un nivel teórico, Cartwright distingue dos clases de leyes en la física: las leyes fenomenológicas y las teóricas (presuntamente "fundamentales"). Tomadas literalmente, las leyes "fundamentales" son siempre *falsas*. Su papel no es describir lo que hay en el mundo real, sino *sugerir* las leyes fenomenológicas que modelan adecuadamente una situación experimental dada. Las leyes fenomenológicas no se han de formular necesariamente en un lenguaje observacional que preceda a la teoría; pueden incluir conceptos propios de la teoría (o, más exactamente, algunas determinaciones concretas de los valores de magnitudes teóricas), pero lo importante es que las leyes fenomenológicas no pueden ser deducidas directamente de las leyes teóricas. Es sólo por procedimientos bastante contingentes

y siempre susceptibles de revisión que las leyes teóricas pueden ser *interpretadas* en casos concretos para producir leyes fenomenológicas. No hay un procedimiento explícito, menos aún formal, para obtener éstas a partir de aquéllas.

Junto con esta distinción entre leyes fenomenológicas y leyes teóricas (o fundamentales) podemos constatar una distinción entre tres tipos de modelos. Primeramente, está lo que Cartwright llama *descripciones no preparadas* (*unprepared descriptions*) de los sistemas físicos estudiados. Se trata de construcciones parecidas a lo que, en otras concepciones modelísticas, se denominan "modelos de datos": se reúne todo tipo de información que pueda parecer significativa para delimitar los sistemas examinados, sin presuponer la validez de la teoría. En un segundo momento, se construye una *descripción preparada* (*prepared description*): se establece un modelo matemático concreto (generalmente determinado por una ecuación de aplicación restringida), sugerida por la teoría, pero no derivable de ella. Estas ecuaciones concretas corresponden a lo que Cartwright llama "leyes fenomenológicas". Hay que subrayar que los modelos en este estadio no representan imágenes-especulares de la realidad examinada: contienen simplificaciones, idealizaciones e incluso componentes que no pretenden caracterizar elementos reales del sistema: "[...] un modelo es el resultado de una ficción. Algunas propiedades asignadas a los objetos en el modelo serán propiedades genuinas de los objetos modelados, pero otras serán meramente propiedades de conveniencia."[10] Hay, finalmente, modelos abstractos determinados por las leyes fundamentales de la teoría utilizada, que no tienen casi nada que ver con la experiencia. Ahora bien, una laguna importante en la concepción de Cartwright en este punto es que la relación entre los modelos (o leyes) fenomenológicos y los modelos (o leyes) abstractos no está analizada con precisión. Sólo queda sugerida a través de ejemplos.

Esta laguna está aún presente en sus escritos de la segunda fase, como resulta claro en su libro *The Dappled World* (1999) [El mundo moteado]. En esta obra, la devaluación de las teorías y las leyes fundamentales aparece aún más acentuada. Las teorías son un instrumento más entre muchos otros de los empleados para construir modelos más o menos adecuados a la experiencia. A veces los modelos son sugeridos por la teoría, pero en muchos casos no lo son: surgen de toda clase de técnicas y "trucos" *ad hoc* utilizados para modelar una pequeña parte de la realidad. Para aclarar este punto,

[10] N. Cartwright, *How the Laws of Physics Lie*, p. 153.

Cartwright distingue dos tipos de "modelo": los modelos *interpretativos* y los modelos *representativos*. Los primeros se construyen con los recursos conceptuales de la teoría dada: los términos abstractos de la teoría pasan a ser más concretos en el modelo por medio de reglas de correspondencia. Este tipo de modelo, no obstante, no es adecuado más que en situaciones experimentales particularmente simples. Cuando el sistema estudiado es más complejo, los modelos interpretativos fracasan. Es hora de que los modelos representativos los sustituyan, y aunque a veces la teoría misma puede sugerirlos, en la mayor parte de los casos son independientes. La distinción que Cartwright establece entre modelos interpretativos y representativos sigue siendo imprecisa, pero, sobre todo, no se ve claramente si se trata de una distinción gradual o tajante.

Con respecto a la cuestión del realismo, la posición de Cartwright está muy matizada. En el caso de las teorías generales y de las leyes fundamentales y los modelos interpretativos, la interpretación realista le parece una tesis muy problemática, que no está justificada en lo absoluto. Por el contrario, tiende a adoptar un enfoque realista cuando se trata de leyes fenomenológicas o modelos representativos y, particularmente, cuando éstos están asociados con experimentos robustos llevados a cabo por los científicos. De esta forma, los vínculos causales entre sistemas que genera típicamente un experimento de laboratorio serían el único fundamento para una interpretación realista de los resultados científicos.

Esta inclinación por un "realismo experimental combinado a la vez con un antirrealismo teórico" está todavía mucho más acentuada en el caso del siguiente autor que vamos a tratar en este apartado, Ian Hacking. Sin mucha exageración, se le puede describir probablemente como el más importante filósofo de la ciencia *experimentalista* de finales del siglo XX. Su libro fundamental en este sentido, *Representing and Intervening* [Representar e intervenir], aparecido en 1983 (el mismo año que la obra fundamental de Cartwright), puede leerse como una defensa vehemente a favor de la nunca sobreestimada importancia del experimento para la comprensión de la ciencia auténticamente empírica y, al mismo tiempo, de la eliminación de las, según él, excesivas pretensiones de las teorías generales. A decir verdad, Hacking no es el único filósofo de la ciencia contemporáneo que se interesa principalmente por la estructura y función de los experimentos científicos, y él mismo fue conducido a esta alta valoración de los experimentos por los estudios de caso realizados por autores como Allan Franklin y Peter Galison. Con todo, es des-

pués de la aparición de su libro que podemos hablar de un "giro experimental" (*experimental turn*) –contrapartida del "giro lingüístico" de comienzos del siglo XX– en la filosofía de la ciencia de los últimos años del siglo XX. Significativamente, Hacking tiene el tipo de análisis lógico-lingüístico de la filosofía de la ciencia clásica en tan poca estima como lo hace van Fraassen –aun cuando el suyo tenga poco que ver con el enfoque de este último–.

El doble título del libro de Hacking refleja la estructura de su ensayo: en la primera parte encontramos la representación del mundo en la forma de teorías y modelos situada en un primer plano (en un sentido próximo a la interpretación de Cartwright, a quien se refiere explícitamente). En esta parte se discuten, con particular ojo crítico, los primeros enfoques de la filosofía de la ciencia desde Carnap y Popper hasta los de van Fraassen, pasando por los de Kuhn, Lakatos y otros. De la segunda parte del libro podemos decir que comprende una suerte de "fenomenología del experimento", que conducirá a una visión completamente nueva de la "esencia" de las ciencias empíricas. Según Hacking, la controversia acerca del realismo, en particular, en relación con las entidades teóricas, puede determinarse no en el plano de las teorías, sino a través de la consideración de la naturaleza propia de los experimentos. Por ejemplo, a partir de una teoría de los electrones, aun cuando ésta esté bien confirmada, no se puede derivar sin más la tesis de que los electrones son algo más que ficciones útiles; por el contrario, esta conclusión se vuelve mucho más admisible si se hacen experimentos *con* electrones (como el experimento de Millikan de la medición de su carga) y se hace imperiosa cuando se construyen aparatos con los que se utilizan electrones para provocar interacciones causales con otras entidades teóricas (por ejemplo, con bosones neutrales, como se hace en la moderna física de partículas).

Ya al comienzo del primer capítulo, Hacking presenta el lema que deberá servir como hilo conductor de todo el libro: "si [los electrones] se pueden esparcir, es que son reales".[11] Y un poco después, encontramos una especie de profesión de fe: "lo que me convenció de la validez del realismo [...] es el hecho de que hoy haya emisores estandarizados con los que podemos esparcir positrones y electrones".[12]

Por supuesto, los experimentos son importantes no sólo para fortalecer la idea del realismo con respecto a las entidades teóricas.

[11] Hacking, *Representing and Intervening*, p. 22; trad. esp., p. 40.
[12] *Ibid.*, p. 24; trad. esp., p. 42.

En un nivel más general de discusión, resultan indispensables para conocer la verdadera estructura de la ciencia moderna. Hacking reprocha a la filosofía de la ciencia del siglo XX que haya estado demasiado orientada a las teorías; el análisis de la naturaleza y función de los experimentos apenas desempeñaban en ella un papel. Y, a consecuencia de esto, ignoró un componente absolutamente esencial de la estructura del conocimiento científico.

El predecesor admirado de Hacking no es ninguno de los modernos filósofos de la ciencia, aunque hace algunas observaciones positivas sobre Kuhn, es más bien un pensador de los inicios de la revolución científica: Francis Bacon. Hacking se opone a la interpretación habitual de Bacon como un simple inductivista. A Bacon se le debe caracterizar mucho mejor como el primer filósofo de la ciencia experimentalista, el primero que fue consciente de la importancia de los experimentos como apoyo del conocimiento científico y de que las teorías más refinadas son inservibles mientras no se les vincule con experimentos. También es importante para Hacking que Bacon haya intentado una tipología sistemática o una fenomenología de las distintas clases de experimentos, de forma —por cierto— completamente independiente de cualquier tipo de teoría.

Hay una serie de prejuicios acerca de la naturaleza de los experimentos científicos que Hacking quiere eliminar. En primer lugar hay que mencionar el idéntico tratamiento de la "observación" y el "experimento". Al igual que Bacon antes que él, Hacking valora la observación (incluso la sistemática) como secundaria frente a los auténticos experimentos. Las observaciones son pasivas, mientras que los experimentos implican una activa intervención en el mundo —y ésta es la cuestión clave, según Hacking—. Es gracias a esta intervención que llegamos a tierra firme y evitamos caer en el antirrealismo. En segundo lugar, Hacking se dirige decididamente contra la tesis propagada por los autores historicistas de la carga teórica de toda observación y experimento. Esta tesis es o trivial o lisa y llanamente falsa: es trivial si con ella se quiere sólo decir que no podríamos llevar a cabo experimentos si no dispusiéramos previamente de una idea intuitiva, más bien inarticulada, del asunto que queremos investigar; en cambio, la tesis es completamente falsa, si lo que estamos afirmando con ella es que los experimentos tienen sentido sólo en el marco de una teoría completamente articulada y definida. Para apoyar esta afirmación, Hacking pone como ejemplo una serie de casos históricos de experimentos importantes que no presupusieron ninguna teoría ya articulada y definida.

Last but not least, se dirige Hacking contra el supuesto de una función clara de los experimentos. La mayoría de los filósofos de la ciencia, al contrario que Bacon, opinan que los experimentos sólo tienen valor cuando se los usa para comprobar teorías. También esto es falso, de acuerdo con Hacking. Éste no niega que los experimentos se usen *a veces* con este fin, pero se trata más de una excepción que de una regla. A menudo, los experimentos están inspirados por ciertas teorías, pero no para ponerlas a prueba, sino simplemente para "ver qué ocurre". En otros casos, se hacen experimentos para determinar el valor de un parámetro, que está indeterminado en la teoría; también se hacen para desarrollar cierta tecnología (piénsese en el caso de la máquina de vapor); y, finalmente, se pueden llevar a cabo por una curiosidad preteórica o ateórica... En una palabra, Hacking destaca el valor de la *pluralidad* de los tipos y funciones de los experimentos científicos.

La obra de Hacking ha tenido una influencia notable en los jóvenes investigadores de finales del siglo XX. A esto ha contribuido no sólo la novedad de sus tesis, sino seguramente también su estilo brillante, refrescante y divertido. Impresionante es también la gran cantidad de análisis particularmente detallados de casos históricos, sobre todo de la física y la química, que presenta en apoyo de sus tesis. Desde un punto de vista lógico estricto, la argumentación de Hacking deja un tanto que desear; aunque probablemente es consciente de ello: su opinión en este sentido es posiblemente que echar mano de ejemplos resulta más convincente que un argumento general. En este punto, Hacking comparte el mismo espíritu que la mayoría de los filósofos de la ciencia contemporáneos que hemos tratado en este capítulo, aunque es cierto que la preferencia de Hacking por los ejemplos frente a los argumentos adquiere tintes más drásticos que en el resto de autores (dicho sea esto sin ningún ánimo de valoración).

Con todo, hay que comentar una laguna importante en el enfoque de Hacking. Su experimentalismo margina algunas disciplinas científicas reconocidas, las cuales son nada o poco experimentales. Hay una larga serie de disciplinas —piénsese en la astrofísica, una gran parte de la biología, la geología, las ciencias sociales en su porción más predominante— en las que la experimentación ocupa apenas un lugar, ya sea por motivos fundamentales, prácticos o éticos. Si realmente decidiéramos contar la experimentación como una característica distintiva de las ciencias auténticas, entonces las disciplinas que acabamos de mencionar no podrían considerarse "ciencias au-

ténticas" –una conclusión poco aceptable–. Otro problema del enfoque de Hacking tiene que ver con su estrategia de defensa de un realismo fundado en lo experimental. Según Hacking, la realidad de una entidad postulada por una teoría, como los electrones, está asegurada mientras se puedan diseñar procedimientos de laboratorio o aparatos que sean capaces de manipular dichas entidades y hacer que entren en vínculos causales con otras entidades (otras partículas, en el ejemplo preferido de Hacking). Estrictamente hablando, como filósofos de la ciencia, sólo podemos constatar que los científicos experimentales *afirman* que a través de dichos aparatos y procedimientos de laboratorio manipulan las entidades teóricas en cuestión y les hacen actuar sobre otras entidades. Aun cuando Hacking no deja lugar para el análisis lingüístico en el ámbito de las cuestiones sobre filosofía de la ciencia, al menos debiera reconocer que entre la *afirmación* de un hecho y ese *hecho* hay una diferencia. ¿No podría ocurrir que cuando los físicos experimentales le *cuentan* al filósofo de la ciencia Hacking que han disparado un haz de electrones y que los hacen interactuar con bosones, solamente estén empleando una manera de hablar para expresar ciertas conexiones macroscópicamente comprobables entre aparatos observables? Ésta sería exactamente la posición defendida por el instrumentalista. Hay suficientes ejemplos históricos de estas maneras de expresarse a las que hoy no aceptaríamos dar una interpretación realista: los alquimistas hicieron muchos experimentos serios, siempre con sustancias observables, donde hablaban de "propiedades ocultas", "elixires", etc. –todas ellas entidades teóricas que hoy en día ya no aceptamos–. O para poner un ejemplo más moderno: los defensores de la teoría del calórico (todos ellos científicos respetables) hicieron muchos experimentos que ellos interpretaban como casos de transmisión del calórico y hasta construyeron refinados aparatos para tratar con determinadas cantidades del mismo. Pero, como hoy reconocemos, todo ello no hacía real al calórico. Ciertamente, Hacking nos debe mejores argumentos para convencernos de que los experimentos y aparatos de la moderna física de partículas están en mejor situación que los correspondientes experimentos y aparatos de los alquimistas o los teóricos del calórico.

7. *Las nuevas concepciones de la naturaleza de la explicación científica*

Al final del capítulo consagrado a la fase clásica de la filosofía de la ciencia, habíamos constatado que el esquema de Hempel para dar cuenta de la naturaleza de la explicación científica, a pesar de sus es-

fuerzos para mejorarlo, entró en una profunda crisis. A partir de los años setenta surgen tres nuevos enfoques del tema que rompen radicalmente con el modelo hempeliano y proponen una comprensión muy diferente de lo que realmente ocurre en el proceso de explicación científica. Se los puede caracterizar, respectivamente, como *pragmático*, *causalista* y *unificacionista*. No se trata, en principio, de enfoques incompatibles, pero cada uno pone diferente énfasis en lo que consideran esencial de la explicación científica y ningún autor ha conseguido hasta ahora hacer una síntesis coherente de ellos.

Desde el punto de vista del contenido y de la metodología empleada, estos nuevos enfoques no tienen que ver con la última fase de la historia de nuestra disciplina —el "modelismo"—. Pero también constituyen una verdadera ruptura metodológica con los presupuestos de la fase clásica, sin por ello "caer" en el historicismo, y al menos dos de ellos (el pragmático y el unificacionista) tienen un "espíritu intrínseco" muy próximo al modelismo; por lo demás, ya ha habido intentos por parte de ciertos autores de desarrollar explícitamente una síntesis entre la visión modelística de las teorías y los nuevos enfoques sobre la naturaleza de la explicación científica.

El representante más significativo del enfoque pragmático es, sin duda, Bas van Fraassen (al que también hemos visto como uno de los representantes más conocidos del modelismo). Apoyándose en sugerencias de autores anteriores, a partir de 1977 desarrolla una concepción pragmática que expone de manera sistemática en *The Scientific Image*. Comienza señalando que toda explicación intenta ser una respuesta a una pregunta del tipo "¿por qué?", y que este tipo de preguntas no tiene un sentido preciso hasta que no se tiene en cuenta (generalmente de forma implícita) lo que se llama una "clase de contraste" (o "de comparación"), en un contexto científico determinado, sobre lo que puede ser considerado (pragmáticamente) como una respuesta aceptable. Así, la pregunta "¿por qué hizo una canícula tan fuerte en Francia en 2003?" exige una explicación diferente dependiendo de si la clase de contraste remite a Francia en comparación con otras regiones del mundo, o bien al año 2003 en relación con otros años. Esta clase de contraste siempre está determinada por los intereses de la comunidad científica del momento en cuestión. De ahí que la verdadera forma lógica de una pregunta del tipo "¿Por qué?", que busca una explicación, sea: "¿Por qué A *en lugar de* $B_1, B_2, \ldots$?". La proposición A es el *tema* de la explicación y el conjunto $X = \{A, B_1, B_2, \ldots\}$ la *clase de contraste*.

Ahora bien, según van Fraassen, la indicación del tema y la clase de contraste no bastan para reconstruir la forma lógica de una explicación científica. La razón es que, aun cuando X haya sido fijado, se pueden dar diferentes tipos de explicación según la relación considerada como significativa, en un contexto dado, para dar la explicación buscada. Para retomar el ejemplo de la canícula, incluso si fijamos como clase de contraste las regiones del mundo, en lugar de los años, no quedaremos satisfechos con una "explicación" que apele al hecho de que en Francia, y no en otros países, el termómetro había subido al máximo, aun cuando esta constatación sea verdadera. Por consiguiente, para determinar realmente la pregunta que pide una explicación, es necesario indicar el *tipo de respuesta considerada como pertinente*. Van Fraassen llama "relación de pertinencia explicativa", R, a este elemento adicional que hay que indicar para obtener una explicación adecuada. R es una relación que vincula un conjunto de proposiciones factuales, C, con la clase de contraste: $CR < A,X >$ si y sólo si C es (en un contexto dado) explicativamente pertinente para que A haya tenido lugar y no X–A. Estos tres componentes combinados $< A,X,R >$ constituyen la "esencia" de una buena explicación. Es claro que los dos componentes X y R son dependientes del contexto en que la cuestión es planteada y, en este sentido, el esquema propuesto por van Fraassen es fuertemente pragmático.

La relativización pragmática de la noción de explicación propuesta por van Fraassen es generalmente aceptada por la comunidad de filósofos de la ciencia, particularmente la idea de clase de contraste. Sin embargo, hay que señalar que este esquema es aún demasiado general para dar cuenta de la validez de una explicación propuesta. En efecto, si no incorporamos más que algunas restricciones adicionales a propósito de la relación de pertinencia, se puede mostrar fácilmente que podríamos explicar cualquier cosa a partir de cualquier otra, simplemente eligiendo un conjunto C *ad hoc* que se estipula como pertinente para $< A,X >$. Esto nos llevaría a un relativismo inaceptable. Para decirlo brevemente, el esquema propuesto por van Fraassen puede ser visto como una estipulación de *condiciones necesarias* de naturaleza pragmática, pero éstas son claramente insuficientes para determinar un concepto de explicación plenamente adecuado.

Una concepción de la explicación bastante más sustancial, independiente de consideraciones pragmáticas, es la que pone la noción de *causalidad* en el centro de una reconstrucción adecuada de la explicación científica. Ésta ha sido defendida especialmente por

Wesley Salmon (Estados Unidos, 1925-2001), aunque no ha sido el único en hacerlo. Salmon ya había hecho contribuciones importantes al análisis de la explicación estadística en un marco formal más o menos próximo al esquema hempeliano, sobre todo en su obra mayor, *Statistical Explanation and Statistical Relevance* (1971) [Explicación estadística y relevancia estadística]; pero se fue distanciando progresivamente de la tradición "clásica" después de haber encontrado en el esquema clásico una dificultad profunda e insalvable: el esquema clásico hempeliano da cuenta, en el mejor de los casos, de la relación de predictibilidad entre las leyes de la teoría y el hecho que se quiere explicar, pero no proporciona una verdadera explicación. Es así como Salmon se vio llevado a romper con los presupuestos metodológicos de la concepción clásica, que en lo esencial son de naturaleza lógico-sintáctica (es decir, concernientes a las relaciones entre los enunciados de una explicación), y a buscar la clave de la explicación en los eventos o hechos mismos (y no en su expresión lingüística). El producto de tal cambio de perspectiva está expuesto en su ensayo *Scientific Explanation and the Causal Structure of the World* (1984) [La explicación científica y la estructura causal del mundo]. Para Salmon, todos los contraejemplos presentados contra la noción clásica de explicación pueden ser eliminados si uno abandona el enfoque puramente sintáctico (relaciones entre enunciados) y se tiene en cuenta el hecho de que, para encontrar una explicación aceptable de un hecho a partir de factores antecedentes, además de las relaciones lógicas entre los enunciados que expresan el hecho en cuestión y los factores antecedentes, se supone que hay una relación *ontológica* entre ambos (es decir, "ligada a la naturaleza misma de las cosas"). Esta relación no es otra que la relación *causal*: los hechos (eventos o procesos) expresados por el *explanans* son la *causa* del hecho expresado en el *explanandum*. Obviamente, no se podrá dar la lista de *todas* las causas que intervienen en la cadena causal que conduce al hecho que se quiere explicar; pero nos podremos concentrar, en un contexto dado, en los factores *causalmente pertinentes* que están vinculados al *explanandum* por medio de leyes causales implícitas. Estrictamente hablando, la noción clave en esta concepción de tipo causalista de la explicación no es la de "causa" en general, si no más bien la de "factor causal pertinente".

La concepción causalista responde bastante bien a nuestras intuiciones del sentido común sobre el papel que las conexiones causales tienen en relación con la naturaleza de las cosas para explicar lo que ocurre en el mundo. Sin embargo, el principal problema con

toda concepción causalista, y no sólo con la de Salmon, radica seguramente en la noción misma de causa, que después de Hume ha preocupado a sucesivas generaciones de epistemólogos. Es necesario admitir que, después de más de doscientos años de discusiones en torno a la naturaleza de la causalidad, estamos lejos de tener una idea clara, aceptable para todos los filósofos y científicos. Salmon intenta dar una definición en términos inspirados por la teoría especial de la relatividad, donde la conexión causal entre los eventos puede ser caracterizada en términos de la *transmisión de información*, lo que es una noción bastante precisa. Su análisis de la explicación en términos de causalidad se ajusta bastante bien a la manera en la que se proponen explicaciones de hechos particulares en el marco de la relatividad especial. Sin embargo, como Salmon mismo ha reconocido con la honestidad intelectual que siempre lo ha caracterizado, es poco probable que el marco conceptual de esta teoría sea asimismo aplicable a contextos explicativos de otras teorías físicas —por no decir de otras disciplinas científicas—.

Esta concepción está igualmente limitada por su inadecuación para tratar las explicaciones de leyes científicas a partir de otras leyes. Su esquema es, por definición, sólo aplicable a la explicación de hechos particulares por medio de otros hechos. No sabemos bien cómo pasar del segundo tipo de explicación al primero. Seguramente éste es el punto en el que la tercera concepción de la explicación en boga durante los últimos decenios del siglo XX —la concepción unificacionista— demuestra sus virtudes. También es la concepción más extendida hoy en día entre los filósofos de la ciencia interesados en la explicación científica: ¿no es el principal objetivo de las ciencias más avanzadas el de explicar las leyes de la naturaleza descubiertas por medio de otras leyes más generales? La mayor parte de los grandes éxitos explicativos de la ciencia tienen una forma que ilustran los siguientes ejemplos: "¿qué es lo que explica que las leyes de Kepler sean aplicables a los movimientos de los planetas?". Respuesta: "La teoría de la gravitación universal." "¿Qué explica que la ley de Ohm sea aplicable a la corriente eléctrica?". Respuesta: "Las leyes del electromagnetismo." "¿Qué explica la herencia de los rasgos de los seres vivos?". Respuesta: "Las leyes de la genética." Es para dar cuenta de este fenómeno, tan típico de la ciencia moderna, que se desarrolló el programa unificacionista. La explicación es vista como un proceso de unificación en nuestra comprensión del mundo, un proceso epistémico que consiste en la reducción de un número de presupuestos básicos presentes en nues-

tro corpus de conocimiento en un momento dado de la evolución del conocimiento científico.

Los dos protagonistas de la concepción unificacionista son Michael Friedman (Estados Unidos) y Philip Kitcher (Estados Unidos, nacido en 1947). Friedman expuso por primera vez su análisis de la explicación como unificación en 1974, en un artículo relativamente breve: "Explanation and Scientific Understanding" [Explicación y comprensión científica]. Al igual que Salmon, comenzó planteándose la cuestión del origen de los numerosos contraejemplos intuitivos que ponían en problemas al esquema hempeliano, pero llegó a un diagnóstico diferente. El problema principal es saber lo que uno espera de una explicación científica. No es la subsunción de un hecho bajo leyes, sino más bien la explicación de una ley ya descubierta a partir de otras leyes. Ahora bien, el modelo hempeliano es incapaz de reproducir lo esencial de este género de explicación, ya que lo reduce a una relación puramente deductiva entre las leyes en cuestión. El núcleo de la propuesta de Friedman es que es absolutamente esencial añadir a la relación de deducción entre leyes el componente de la unificación: una ley (o serie de leyes) más general L^G explica otra ley más particular L^P si se puede deducir L^P de L^G, obviamente, *pero si además* se pueden deducir de L^G otras leyes $L_1, \ldots, L_n$, cuya *aceptabilidad* es completamente independiente de L^P. Esto significa, intuitivamente, que L^G permite unificar dominios de la experiencia que, aparentemente, eran muy diferentes los unos de los otros. El ejemplo paradigmático es la explicación de las leyes de Kepler por medio de las leyes de Newton: los físicos aceptan éstas como un caso auténtico (¡y muy importante!) de explicación, no sólo porque las leyes de Kepler pueden ser deducidas (con aproximaciones) de las leyes de Newton, sino porque, de manera análoga, éstas permiten deducir igualmente otras leyes conocidas en la época y que aparentemente no tenían nada que ver con las leyes de Kepler, tales como la ley de caída libre de Galileo, la ley de las colisiones elásticas, etcétera.

La propuesta de Friedman depende esencialmente de la noción de *aceptabilidad independiente* de una ley a partir de otra y, aunque da una precisión técnica de ella, en realidad está sujeta a varios contraejemplos intuitivos. Kitcher retoma entonces la idea básica de Friedman, pero dándole una forma mucho más refinada. Su idea central, que comienza a desarrollar en varios artículos de los años ochentas, especialmente en "Explanatory Unification and the Causal Structure of the World" (1989) [Unificación explicativa y la estructura causal

del mundo], es que en un proceso de explicación cualquiera, siempre se parte de un corpus *K* de creencias, que se intenta sistematizar lo mejor posible. Siempre existen varias sistematizaciones alternativas posibles y éstas son comparables según el grado más o menos elevado de unificación que permitan; entonces, la inferencia de una ley perteneciente a *K* a partir de otras creencias generales pertenecientes asimismo a *K* es explicativa si permite el grado máximo de sistematización de *K*.

La teoría propuesta por Kitcher es bastante complicada, precisamente porque debe hacer frente a todo tipo de contrajemplos posibles. Señalemos solamente que el concepto básico de esta teoría es el de *esquema argumentativo* en la deducción de una ley al interior del corpus *K*. Un esquema argumentativo válido para una buena explicación debe tener en cuenta no sólo las premisas y la conclusión en el proceso deductivo, sino también la *vía* que conduce de la premisa a la conclusión, la cual debe satisfacer condiciones muy restrictivas que permitan comparar el poder unificador de diferentes procedimientos de deducción. El poder unificador depende directamente de tres factores: a) el número de conclusiones permitido por el esquema argumentativo; b) el rigor de la vía seguida en el proceso deductivo; c) el número de instancias posibles del esquema.

Es interesante señalar que la concepción de Kitcher, mucho más claramente que las concepciones rivales, contiene por principio un elemento diacrónico, "dinámico": el carácter explicativo o no de una deducción efectuada en un proceso de sistematización del corpus *K* puede cambiar en el curso de la historia, en el sentido de que un esquema argumentativo S_1, que proporcionó buenas explicaciones en un momento dado en virtud de ser el que tenía el máximo poder unificador, puede pasar a ser menos recomendable, ya que se ha concebido un nuevo esquema S_2 para *K*, superior a S_1 en el sentido de las condiciones a) y c) antes mencionadas. La posibilidad de utilizar su concepción para dar cuenta de la dinámica de la ciencia ha sido explícitamente entrevista por Kitcher en su libro *The Advancement of Science* (1993) [El avance de la ciencia].

Otro hecho remarcable de la concepción de Kitcher es que, aun cuando la ha desarrollado en el marco de la concepción enunciativa o "clásica" de las teorías científicas en tanto que conjuntos de enunciados, resulta naturalmente "traducible" a una concepción modelística de las teorías, particularmente en su versión estructuralista. La unificación propia a la explicación científica puede ser comprendida de una manera bastante directa como la construcción de una

red teórica en el sentido estructuralista (véase *supra*, p. 134). Esta "traducción estructuralista" de la comprensión unificacionista de la explicación ha sido desarrollada de manera especialmente sistemática por Thomas Bartelborth (Alemania, nacido en 1957) en su libro *Begründungsstrategien* (1996) [Estrategias de fundamentación].

8. *La discusión acerca del realismo científico: una breve mirada retrospectiva y un todavía más breve panorama*

En el momento de la transición del siglo XX al XXI, la discusión en torno a la posición epistemológica general conocida habitualmente como "realismo científico" ocupó un lugar significativo, como tuvimos oportunidad de comprobar con los autores de la última fase de nuestra historia. En los momentos en que se están escribiendo estas líneas, dicha discusión sigue ocupando un lugar igualmente importante. Por eso, llegados al último apartado de este libro, parece oportuno realizar una breve síntesis de los elementos principales de esta discusión, que ha sido particularmente controvertida en el último tercio del siglo XX. Por obvias razones, la problemática del realismo concierne a preguntas fundamentales no sólo de la filosofía de la ciencia, sino también de nuestra concepción del mundo y autocomprensión como seres capaces de conocimiento: ¿qué es la realidad?, ¿podemos conocerla? ¿es la ciencia el camino correcto, o al menos el mejor camino, para lograr dicho conocimiento? También resulta interesante constatar que las diferentes posiciones que se han dado en torno a esta problemática se hayan mostrado bastante independientes de los enfoques y corrientes de la filosofía de la ciencia en sentido más restringido que hemos visto a lo largo de nuestra exposición. Los últimos surgieron a partir de problemas y reflexiones específicos de tipo metodológico y teórico-científico, mientras que el problema del realismo científico es, por el contrario, mucho más general y "filosófico": se trata de una cuestión acerca del "todo".

La controversia en torno al realismo científico se plantea en el marco de un gran círculo de problemas que va más allá de los límites de la filosofía de la ciencia. Involucra reflexiones no sólo de filosofía de la ciencia, sino también de epistemología en general, de semántica y filosofía del lenguaje, de ontología e incluso de historia de la ciencia. Por esta razón, y a pesar de su importancia para la filosofía en general, en este último apartado sólo podremos entrever los elementos de la discusión en torno al realismo científico. Una ex-

posición en alguna medida detallada de esta problemática hubiera rebasado claramente los límites de nuestro estudio.

A algunos de los participantes en esta controversia ya los hemos conocido a lo largo de este libro: al decididamente realista Popper, a los decididamente antirrealistas Mach, Duhem, Laudan y van Fraassen, al "casi-realista" Suppe, al "realista constructivo" Giere, a la "semi-realista" Cartwright, al "realista experimental" Hacking... Otros importantes filósofos de la ciencia de los que hemos hablado hasta aquí defienden, por diferentes motivos, una posición que podría ser denominada "neutralismo"; Carnap y Nagel, por ejemplo, pertenecerían al grupo de quienes piensan que la controversia entre realismo y antirrealismo no es finalmente más que una mera disputa sobre palabras. También entrarían aquí los estructuralistas, para quienes todavía sabemos muy poco sobre la estructura y función de las teorías científicas individuales y, especialmente, sobre las relaciones interteóricas concretas entre ellas, para decidir la controversia en un sentido o en otro. Necesitamos mucho más análisis formal y detallado de dichas estructuras y funciones (en particular, a través de casos de estudio) antes de poder decidir algo al respecto.[13] Finalmente, en los últimos años del siglo XX, algunos filósofos de la ciencia han optado por una vía intermedia, entre el realismo y el antirrealismo, a la cual llaman "realismo estructural". A ellos les dedicaremos los últimos párrafos de este apartado.

Antes de comenzar, parece aconsejable hacer una precisión acerca del objeto de la controversia. La discusión entre realismo, antirrealismo y las formas intermedias en filosofía de la ciencia no se puede identificar con la discusión entre realismo y antirrealismo en la epistemología o en la filosofía en general. No se trata, en este caso, de decidir si el árbol que veo tras la ventana es real, es decir, independiente de mi mente, de la mente de mis semejantes o de la de Dios. Esto es algo que presuponen todos los integrantes de esta polémica –incluso los antirrealistas (científicos)–. Más exactamente, todos presuponen que la proposición "allí hay un árbol" no sólo tiene sentido, sino que además es verdadera y que continuaría teniendo sentido y siendo verdadera aunque yo o la humanidad entera

[13] Los estructuralistas metateóricos se han pronunciado poco acerca de la cuestión del realismo. Una excepción es J.D. Sneed, con su artículo "Structuralism and Scientific Realism", de 1983, quien ofrece un análisis formal de los requisitos para una discusión productiva del problema del realismo desde el punto de vista estructuralista más que un criterio claro a favor o en contra del realismo. Las conclusiones a las que llega Sneed basado en su análisis sugieren, no obstante, una posición tendencialmente antirrealista.

dejáramos de existir. El realismo que está en cuestión en la filosofía de la ciencia contemporánea es un realismo acerca de las entidades específicas que son postuladas por las *teorías científicas*, es decir, un realismo con respecto al valor de verdad de las teorías empíricas (o de los enunciados que éstas afirman acerca del mundo). Se trata de preguntas como: ¿representan los electrones el mismo tipo de objetos de conocimiento que los árboles?, o también: ¿son verdaderas las ecuaciones de la teoría general de la relatividad, así como las afirmaciones acerca del universo que ésta establece, en el mismo sentido en que lo es la proposición "allí hay un árbol"? Los realistas científicos contestan afirmativamente a tales preguntas, mientras que los antirrealistas responden negativamente. Los demás sostienen posiciones intermedias complejas o no dan respuesta alguna, porque consideran que la cuestión carece de sentido, o porque consideran que no podemos dar una respuesta fundada.

Es igualmente oportuno distinguir dos componentes del realismo científico: uno *referencial* y otro *veritativo* o *alético* (es decir, concerniente a la teoría de la verdad). Bajo la expresión "componentes referenciales del realismo científico" o simplemente "realismo referencial" se entiende la tesis según la cual los términos teóricos que ocurren en las teorías exitosas y bien establecidas (quizá no todos, pero sí la gran mayoría) se refieren a una realidad independiente tanto de la mente del científico como de la propia teoría a la que pertenecen. Así, por ejemplo, la palabra "electrón" se referiría a una partícula real que ha existido al menos desde el Big Bang, muchísimo antes de que hubiera personas y, por supuesto, teorías físicas, mientras que el término de la termodinámica "entropía" se refiere a una propiedad real de procesos naturales reales. El componente alético del realismo científico, o simplemente el "realismo veritativo", significa la tesis de que las teorías científicas exitosas son verdaderas o, al menos, aproximadamente verdaderas.

Para la mayoría de los filósofos de la ciencia realistas, el realismo referencial y el veritativo van de la mano, lo que *prima facie* parece admisible: cuando consideramos que una teoría es verdadera, tendemos a aceptar que sus conceptos fundamentales se refieren a algo real. E inversamente, la mejor razón para afirmar que un término teórico característico de cierta teoría *T* refiere a una entidad realmente existente es que la teoría *T* es (por lo menos aproximadamente) verdadera. Aun así, vistas las cosas con más detalle, estos dos componentes del realismo científico son independientes el uno del otro: se puede defender una versión del realismo referencial sin de-

fender el realismo veritativo y a la inversa. Como acabamos de ver, Hacking sostiene un realismo referencial sin realismo veritativo. El enfoque estructuralista puede, por su parte, ser interpretado como una defensa más o menos implícita del realismo veritativo con respecto a la pretensión empírica de las teorías científicas exitosas, sin que por ello se tenga que aceptar necesariamente un realismo referencial.

El argumento principal del realismo en el ámbito de la filosofía de la ciencia es el llamado argumento del "no hay milagros". Fueron Hilary Putnam (Estados Unidos, 1926) y Richard Boyd (Estados Unidos, 1942) quienes lo desarrollaron a partir de los años setenta en varios artículos y contribuciones.[14] Estos autores ofrecen además otras líneas de argumentación a favor del realismo en general, que no obstante son más bien de naturaleza lógico-semántica o de filosofía del lenguaje. No podemos entrar en ello aquí. El argumento del "no hay milagros" reza básicamente así: sería un milagro inexplicable que las teorías físicas y el resto de teorías empíricas bien establecidas, todas las cuales contienen términos teóricos, fuesen tan exitosas (como de hecho son) con respecto a sus predicciones empíricas sin que su contenido teórico no reflejara (al menos aproximadamente) una realidad independiente. Puesto que no queremos creer en milagros, cuando hay disponibles explicaciones alternativas mucho más admisibles, se sigue que podemos suponer que las entidades postuladas por dichas teorías existen realmente y que las teorías mismas son (aproximadamente) verdaderas. Este argumento puede formularse como una especie de argumento *abductivo*: la mejor explicación del éxito práctico de una buena teoría científica es que es (aproximadamente) verdadera.

La réplica antirrealista al argumento del "no hay milagros" no se hizo esperar; vino especialmente de los filósofos de la ciencia de orientación historicista, encabezados por Laudan: a lo largo de la historia de la filosofía de la ciencia ha habido muchas teorías serias que hicieron predicciones precisas y exitosas, pero cuyos principios actualmente tenemos por falsos. Ejemplos prominentes son: la astronomía ptolemaica, es decir, geocéntrica, la teoría del flogisto de las reacciones de oxidación en la química, la teoría del calórico de los fenómenos térmicos. Aunque estas teorías, en sus periodos de florecimiento, condujeron a predicciones exitosas notables, hoy las consideramos definitivamente falsas. Las entidades por ellas pos-

[14] Véase, por ejemplo, *Meaning and the Moral Sciences*, de H. Putnam, y *Scientific Realism and Naturalistic Epistemology*, de R. Boyd.

tuladas (epiciclos, flogisto, calórico) son consideradas, asimismo, como completamente ficticias. Más generalmente, el antirrealista contraargumenta que en el fenómeno histórico recurrente de las revoluciones científicas (en el sentido de Kuhn), la suposición de la verdad de las teorías precedentes y de la conservación de la referencia de sus términos teóricos parece manifiestamente abstrusa o, al menos, completamente injustificada. Y lo que vale para las viejas teorías puede valer también para las actuales: sería pretencioso, o cuando menos injustificado, suponer que el desarrollo científico ha alcanzado un estadio definitivo con respecto a las teorías válidas o que estemos próximos a alcanzarlo.

Naturalmente, el realista científico puede *afirmar* que *sólo* nuestras teorías de hoy son verdaderas y que *sólo* sus términos teóricos refieren a entidades reales. Eso sería tanto como afirmar que sólo en el caso de la ciencia actual el éxito empírico indiscutible de sus teorías podría explicarse a partir de su interpretación realista; en el caso de las teorías precedentes, en la medida en que sean incompatibles con las actuales, su éxito empírico igualmente indiscutible se debería explicar de alguna otra manera. Es claro que un "actualismo ahistórico" semejante –así se podría llamar a esta posición–, en donde sólo vale lo que es *actual*, parece completamente *ad hoc* y poco serio desde el punto de vista de la filosofía de la ciencia. De estar *nosotros* justificados en interpretar realistamente nuestras teorías empíricas actuales, ¿por qué no debería estarlo también *un contemporáneo* de la teoría del calórico hacia 1800 al interpretar esta teoría realistamente, una teoría que entonces estaba bien establecida, era defendida por los mejores científicos de la época y había demostrado un éxito empírico innegable? ¿Tan sólo porque esos contemporáneos no vivieron lo suficiente? Con una opinión semejante estaríamos peligrosamente cercanos al ridículo.

La introducción de la noción de *aproximación a la verdad* (o verosimilitud) por parte de los realistas, empezando por Popper y sus seguidores, según la cual las viejas teorías son vistas como aproximadamente verdaderas, a pesar de ser estrictamente falsas, no nos ayuda mejor aquí –y esto por tres motivos: primeramente, porque el concepto de aproximación a la verdad o verosimilitud es todo menos claro y, hasta el momento, no se ha elucidado de una manera adecuada que sirva para la comparación de teorías (véanse las observaciones a este respecto en el capítulo 4, § 1)–. En segundo lugar, un concepto tal probablemente no sería aplicable a muchos casos de revoluciones científicas. Podemos ilustrar esto con un ejemplo intui-

tivo: ¿qué podemos querer decir al afirmar que la teoría del calórico es aproximadamente verdadera con respecto a su sucesora, la termodinámica fenomenológica? Sea como sea que se quiera entender la expresión "aproximadamente verdadero", está claro que ningún científico hoy día aceptaría que la teoría del calórico es "aproximadamente verdadera". Y en tercer lugar, incluso en los casos en que la aplicación del concepto de aproximación entre teorías resulta *prima facie* admisible –como en el caso de la transición de la teoría newtoniana de la gravedad a la mecánica relativista–, no es aceptable sin más suponer que se mantiene la misma referencia de los términos teóricos: aun cuando la teoría newtoniana pueda verse como una aproximación de la teoría de la relatividad, términos centrales dentro de la mecánica newtoniana, como "masa" (en el sentido clásico de una propiedad intrínseca de los cuerpos), "espacio absoluto" y "tiempo absoluto" ya no tienen significado alguno en la mecánica relativista; las entidades teóricas a las que estos términos supuestamente refieren simplemente no existen; se trata y se trató siempre de meras ficciones, a veces útiles, a veces no.

Frente a esta situación tan desagradable para el realista científico, cabe preguntar si éste tiene algún tipo de salida. Si no se pueden dar argumentos convincentes ni a favor del realismo referencial ni a favor del realismo alético y, todavía menos, a favor de una combinación de ambos, entonces parece que debemos renunciar a toda interpretación realista de las teorías empíricas (por lo menos, en su parte teórica) y –*nolens volens*– nos debemos pasar al bando de los antirrealistas (no importa de qué tipo). En los últimos años del siglo XX, un grupo de filósofos de la ciencia británicos ha intentado mostrar que aquí las apariencias engañan. Según ellos, hay una versión del realismo científico que resulta inmune a los argumentos antirrealistas que acabamos de ver y que está bien fundamentada en el desarrollo *histórico* real de la ciencia (en cualquier caso, de las disciplinas matematizadas). Esta versión se ha llamado "realismo estructural". Entre los defensores más prominentes de esta corriente (al menos al principio, porque nuestra historia termina con el año 2000 y después se han ido añadiendo a la discusión nuevos elementos) están los británicos John Worrall,[15] un antiguo discípulo de Popper, y Steven French. Fuera de Gran Bretaña, otros filósofos

[15] El primer ensayo de Worrall apareció en 1989 en la revista *Dialectica* con el título de "Structural Realism: The Best of Both Worlds?". Los "dos mundos" a los que el título refiere, son el realismo científico "normal" y el antirrealismo. Resulta sintomático que el autor ponga entre interrogantes el subtítulo de su artículo; su

se les han unido y se han propuesto continuar elaborando esta propuesta y aplicarla a casos de estudio, como, por ejemplo, el ya citado Newton Da Costa en Brasil.

El realismo estructural es, en realidad, una versión más débil del realismo científico: en él, no se supone que las teorías empíricamente exitosas sean verdaderas ni tampoco que los términos teóricos específicos se refieran a cosas realmente existentes. No se trata de un realismo referencial ni tampoco de uno alético. Se trata de un realismo "estructural" en el sentido de que lo que hay que interpretar realistamente son sólo las *estructuras* (podríamos decir también: los *modelos*) que nuestras mejores teorías empíricas determinan, ya que éstas reflejan de algún modo las auténticas estructuras de la realidad. Y esto es justamente lo que explica el éxito empírico de dichas teorías.

Para mostrar la fecundidad de su punto de vista, Worrall nos invita a considerar un ejemplo histórico pragmático de cambio teórico radical en un ámbito determinado: la evolución de la óptica teórica del siglo XVII al siglo XX. En este ámbito, primero existió la teoría corpuscular de la luz, según la cual la luz está compuesta de pequeñas partículas. A partir de esta teoría, se pudieron explicar y predecir una serie de fenómenos ópticos, como la reflexión y la ley de difracción. A comienzos del siglo XIX, se descubrieron otros fenómenos ópticos, como la polarización de la luz, que parecían incompatibles con la teoría corpuscular. Estos fenómenos representaron un estímulo para que Fresnel desarrollase su teoría ondulatoria de la luz, de acuerdo con la cual los constituyentes ontológicos de la luz no son partículas, sino ondas en un medio material, el llamado "éter". En el último tercio del siglo XIX, la teoría de Fresnel fue sustituida por el electromagnetismo de Maxwell, cuyo concepto fundamental no es ni el de partícula ni el de onda, sino el de "campo", lo que constituye una entidad del todo distinta. A principios del siglo XX, llegó Einstein con su teoría de los fotones, que lanzó por la borda todas las teorías precedentes. Durante todas estas fases de la historia de la óptica no se mantuvieron los conceptos fundamentales ni se consideraron como (aproximadamente) verdaderas las teorías precedentes. Lo único que prevaleció a lo largo de este proceso histórico fueron ciertas ecuaciones que, independientemente de su concreta interpretación física, reflejaban la *estructura real* de los fenómenos

defensa a favor del realismo estructural todavía es cautelosa en este artículo. Entre tanto, esta compostura provisional la han abandonado él y sus simpatizantes.

estudiados. Sólo estas estructuras son interpretables realistamente como complejos relacionales.

Worrall es lo suficientemente honrado como para citar a uno de los precursores de su realismo estructural: Henri Poincaré, quien en su *La science et la hypothèse* llega a una conclusión parecida a la de Worrall con respecto al mismo problema que preocupa a realistas y antirrealistas hoy en día. Vale la pena reproducir aquí el pasaje de Poincaré que cita Worrall, ya que reproduce las ideas más importantes del realismo estructural:

> Las ecuaciones diferenciales son siempre verdaderas [independientemente de la teoría particular en la que aparezcan], pueden integrarse gracias a los mismos métodos y los resultados de esta integración son siempre los mismos. [...] Estas ecuaciones expresan relaciones y la razón por la cual estas ecuaciones son verdaderas es que dichas relaciones son reales. [...] Las verdaderas relaciones entre objetos reales es el único tipo de realidad que podemos alcanzar.[16]

En lugar de mencionar a Poincaré, Worrall también habría podido mencionar a un precursor todavía más anterior: Hermann von Helmholtz, quien defendió una idea parecida y a quien Poincaré seguramente había estudiado. También podría haber citado a un autor posterior, como Carnap, quien insistió, en varios pasajes de su *Aufbau*, que los auténticos objetos de investigación de las ciencias no son sino estructuras. (Éste fue uno de los motivos por los cuales Carnap creyó que la disputa entre realismo y antirrealismo era, en realidad, un seudoproblema.) Pero ésta es una reflexión histórica secundaria. Es mucho más importante subrayar que la idea de realismo estructural siempre ha encontrado defensores a lo largo de la historia de la filosofía de la ciencia, y que nadie que se haya ocupado, en alguna medida, del análisis de las teorías científicas matematizadas así como de su evolución ha podido librarse de la impresión de que hay al menos algo de verdad en esta idea. Todavía queda por aclarar si esta parte de verdad es suficiente para revitalizar un realismo científico "sano", por no hablar de un programa general y fructífero de filosofía de la ciencia basado en él. Es demasiado prematuro hacer una valoración crítica definitiva del nuevo realismo estructural. Y, en cualquier caso, esto tampoco correspondería al propósito de una historia de la filosofía de la ciencia como la que se ha intentado exponer en este libro.

[16] Citado por Worrall, *op. cit.*, p. 118.

A modo de conclusión

En una obra historiográfica como ésta, destinada a trazar la evolución de una disciplina más bien joven, con mucha frecuencia el autor se siente obligado a especular sobre las perspectivas futuras. En este caso, eso equivale a preguntarse: "¿qué futuro espera a la filosofía de la ciencia?". Quizá el lector espere una respuesta a esta interrogante. A riesgo de defraudarle, mi respuesta es simplemente que no lo sabemos. La historia humana en general es imprevisible, y lo es particularmente la historia de las ideas. Si la Unión Soviética y el marxismo-leninismo, que era su marco ideológico, han desaparecido de la escena mundial de manera completamente inesperada en unos pocos años, lo mismo podría suceder a esta entidad bastante más anodina que es la filosofía de la ciencia... Para burlarse un poco de sus colegas, Feyerabend describió en una ocasión la filosofía de la ciencia como "un tipo de locura hasta entonces desconocida". Ahora bien, cuarenta años después todavía existen locos de este género, quienes realizan considerables esfuerzos intelectuales. Pero no podemos excluir que dentro de poco acaben por "curarse" o que perezcan sin dejar herederos. Quizá en el futuro, las nuevas generaciones se convenzan de que el único género de estudio que tiene sentido en relación con las ciencias es el análisis sociológico o historiográfico; o quizá para entonces se proponga reemplazar la filosofía de la ciencia por las ciencias cognitivas –una disciplina empírico-formal de contornos mal definidos,[1] pero que parece tener un objetivo cercano al de la filosofía de la ciencia, tal y como la hemos definido en este libro–... Nada puedo decir a este respecto.

[1] Véase a este propósito la descripción que ofrece Daniel Andler del carácter de las ciencias cognitivas en su *Introduction aux sciences cognitives* [Introducción a las ciencias cognitivas].

Es posible también que la filosofía de la ciencia no desaparezca del todo, pero que sufra una transformación radical. En la breve historia que ha tenido desde su institucionalización hasta fines del siglo XX, ha sufrido ya dos transformaciones bastante dramáticas: la primera, poco después de la Primera Guerra Mundial, cuando fue "invadida" por los métodos de la lógica formal; la segunda, a mediados de los años sesenta, cuando amenazaba con convertirse meramente en una filosofía *histórica* de la ciencia. La disciplina ha sobrevivido bien que mal a estas dos transformaciones, preservando a pesar de todo algunos elementos de continuidad, tanto en los temas considerados como en las concepciones propuestas. Pero quizá ocurra de otro modo la próxima vez.

La única cosa que me parece clara es que la filosofía de la ciencia, como su propio nombre indica, no proviene de una forma cualquiera de análisis de su tema, la ciencia, sino que es una reflexión *filosófica* sobre la ciencia. La filosofía de la ciencia es una rama de la filosofía —¿acaso podría ser otra cosa?—. Los filósofos tienen el privilegio de poder pensar sobre todo tipo de cosas, y los *auténticos* filósofos lo hacen en tanto que filósofos (y no en tanto que psicólogos, sociólogos, historiadores, etc.). Si hay y si, lo que es verosímil, continuara habiendo filosofía del lenguaje, filosofía de la religión, filosofía del arte, filosofía de la política (y también, claro está, una filosofía de las matemáticas), sería muy sorprendente que desapareciera el tipo de filósofo que se ocupa de analizar filosóficamente este producto intelectual tan particular que representa el conocimiento científico. ¿Por qué, entonces, el objeto "ciencias empíricas" debería quedar fuera del alcance del análisis auténticamente filosófico? Seguramente, la filosofía entera podría desaparecer. Pero estoy seguro de que el lector que me haya seguido hasta aquí estará de acuerdo conmigo en esto: dicha eventualidad no es deseable en absoluto.

Bibliografía

Adams, E.W., "The Foundations of Rigid Body Mechanics and the Derivation of its Laws from those of Particle Mechanics", en L. Henkin, P. Suppes, A. Tarski (comps.), *The Axiomatic Method with Special Reference to Geometry and Physics*, Amsterdam, North-Holland, 1959, pp. 250–265.

Andler, D. (dir.), *Introduction aux sciences cognitives* [1992], 2a. ed., Gallimard, París, 2004.

Andler, D., A. Fagot-Largeault, B. Saint-Sernin (dirs.), *Philosophie des sciences*, Gallimard, París, 2002, 2 vols.

Bachelard, G., *Le Nouvel Esprit scientifique* [1934], Alcan, París, 1957. [Versión en castellano: *El nuevo espíritu científico*, trad. Ricardo Sánchez, Nueva Imagen, México, 1989.]

———, *La Psychanalyse du feu*, Gallimard, París, 1938. [Versión en castellano: *Psicoanálisis del fuego*, Alianza, Madrid, 1966.]

———, *La Formation de l'Esprit scientifique*, Vrin, París, 1938. [Versión en castellano: *La formación del espíritu científico*, trad. José Babini, Siglo XXI, Buenos Aires, 1972.]

Balzer, W., C.U. Moulines y J.D. Sneed, *An Architectonic for Science*, Reidel/Kluwer/Springer, Dordrecht, 1987.

Balzer, W. y C.U. Moulines (comps.), *Structuralist Theory of Science. Focal Issues, New Results*, Walter de Gruyter, Berlín, 1996.

Balzer, W., C.U. Moulines y J.D. Sneed (comps.), *Structuralist Knowledge Representation: Paradigmatic Examples*, Rodopi, Amsterdam, 2000.

Barberousse, A., M. Kistler y P. Ludwig, *La philosophie des sciences au* XX*e siècle*, Flammarion, París, 2000.

Bartelborth, T., *Begründungsstrategien*, Akademie-Verlag, Berlín, 1996.

Bloor, D., *Knowledge and Social Imagery*, Routledge and Kegan Paul, Londres, 1979. [Versión en castellano: *Conocimiento e imaginario social*, trads. Emmanuel Lizcano y Rubén Blanco, Gedisa, Barcelona, 1998.]

Boyd, R., "Scientific Realism and Naturalistic Epistemology", *Symposia and Invited Papers*, 1980, vol. II, The University of Chicago Press, Chicago, pp. 613-662.

Braithwaite, R.B., *Scientific Explanation*, Cambridge University Press, Cambridge, 1953. [Versión en castellano: *La explicación científica*, trad. Víctor Sánchez de Zavala, Tecnos, Madrid, 1965.]

Bridgman, P.W., *The Logic of Modern Physics* [1927], 2a. ed., MacMillan, Nueva York, 1954.

Canguilhem, G., *Le Normal et le pathologique* [1943], 2a. ed., PUF, París, 1962. [Versión en castellano: *Lo normal y lo patológico*, Siglo XXI, México, 1966.]

Carnap, R., *Der logische Aufbau der Welt* [1928], 2a. ed., Meiner, Hamburgo, 1998. [Versión en castellano: *La construcción lógica del mundo*, trad. Laura Mues, Universidad Nacional Autónoma de México-Instituto de Investigaciones Filosóficas, México, 1998.]

———, "Testability and Meaning", *Philosophy of Science*, vols. 3 y 4, 1936-1937.

———, *Logical Foundations of Probability* [1950], 2a. ed., University of Chicago Press, Chicago, 1962.

———, *The Continuum of Inductive Methods*, University of Chicago Press, Chicago, 1952.

———, "The Methodological Character of Theoretical Terms", en H. Feigl y M. Scriven (comps.), *Minnesota Studies in the Philosophy of Science*, vol. I, University of Minnesota Press, Mineápolis, 1956, pp. 38-76. [Versión en castellano: "El carácter metodológico de los términos teóricos", en L. Olivé y A.R. Pérez Ransanz (comps.), *Filosofía de la ciencia: teoría y observación*, Siglo XXI, México, 1989.]

———, "Intellectual Autobiography", en P.A. Schilpp (ed.), *The Philosophy of Rudolf Carnap*, Open Court, La Salle, 1963, pp. 1-84. [Versión en castellano: *Autobiografía intelectual*, trad. C. Castells, Paidós, Barcelona, 1992.]

———, *Philosophic Foundations of Physics*, Basic Books, Nueva York, 1966. [Versión en castellano: *Fundamentación lógica de la física*, trad. N. Míguez, Sudamericana, Buenos Aires, 1969.]

Carnap, R. y R. Jeffrey, *Studies in Inductive Logic and Probability*, University of California Press, Berkeley, 1971.

Cartwright, N., *How the Laws of Physics Lie*, Clarendon Press, Oxford, 1983.

———, *The Dappled World*, Cambridge University Press, Cambridge, 1999.

Diederich, W., A. Ibarra y T. Mormann, "Bibliography of Structuralism", *Erkenntnis*, 30/3, 1989 (1a. versión); 41/3, 1994 (2a. versión).

Donovan, A., L. Laudan y R. Laudan (comps.), *Scrutinizing Science: Empirical Studies of Scientific Change*, Kluwer, Dordrecht, 1988.

Duhem, P., *La théorie physique, son objet, sa structure* [1906], 2a. ed., Vrin, París, 1981. [Versión en castellano: *La teoría física. Su objeto y su estructura*, trad. María Pons Irazazábal, Herder, Barcelona, 2003.]

Duhem, P., *Le système du monde*, Hermann, París, 1913–1959, 10 vols.
Feyerabend, P.K., "Das Problem der Existenz theoretischer Entitäten", en E. Topitsch (ed.), *Probleme der Wissenschaftstheorie*, Springer, Viena, 1960.
———, "Explanation, Reduction, and Empiricism", en H. Feigl y G. Maxwell (comps.), *Minnesota Studies in the Philosophy of Science*, vol. III, University of Minnesota Press, Mineápolis, 1962.
———, "Against Method", en N. Radner y S. Winokur (comps.), *Minnesota Studies in the Philosophy of Science*, vol. IV, University of Minnesota Press, Mineápolis, 1970. [Versión en castellano: *Contra el método*, Ariel, Barcelona, 1974.]
Foucault, M., *Naissance de la clinique*, PUF, París, 1963. [Versión en castellano: *El nacimiento de la clínica*, Siglo XXI, México, 1966.]
Friedman, M., "Explanation and Scientific Understanding", *The Journal of Philosophy*, vol. 71, no. 1, pp. 5–19.
Giere, R., *Explaining Science*, University of Chicago Press, Chicago, 1988.
———, *Cognitive Models of Science*, University of Minnesota Press, Mineápolis, 1992.
Goodman, N., *Fact, Fiction and Forecast*, Harvard University Press, Cambridge, Mass., 1955.
Granger, G.-G., *Pensée formelle et sciences de l'homme*, Aubier, París, 1966.
Hacking, I., *Representing and Intervening*, Cambridge University Press, Cambridge, 1983. [Versión en castellano: *Representar e intervenir*, trad. Sergio Martínez, Paidós/Universidad Nacional Autónoma de México, México/Buenos Aires/Barcelona, 1996.]
Hempel, C.G., "The Theoretician's Dilemma: A Study in the Logic of Theory Construction", en H. Feigl, M. Scriven y G. Maxwell (comps.), *Minnesota Studies in the Philosophy of Science*, vol. II, University of Minnesota Press, Mineápolis, 1958; incluido posteriormente en su libro *Aspects of Scientific Explanation*, Free Press, Nueva York, 1965. [Versión en castellano: "El dilema del teórico", en *La explicación científica*, trad. Néstor Míguez *et al.*, Paidós, Barcelona/México, 2005.]
Hempel, C.G. y P. Oppenheim, "Studies in the Logic of Explanation", *Philosophy of Science*, vol. 15, no. 2, 1948, pp. 135–175; reproducido posteriormente en *Aspects*. [Versión en castellano: "La lógica de la explicación", en *La explicación científica*.]
Hertz, H., *Prinzipien der Mechanik*, Leipzig [1894]; reimp. Wissenschaftliche Buchgesellschaft, Darmstadt, 1963.
Hesse, M., *Revolutions and Reconstructions in the Philosophy of Science*, Harvester Press, Brighton, 1980.
James, W., *The Meaning of Truth* [1909], Harvard University Press, Cambridge, 1975. [Versión en castellano: *El significado de la verdad*, trad. Santos Rubiano, Daniel Jorro, Madrid, 1924.]
Janich, P., *Die Protophysik der Zeit*, Bibliographisches Institut, Mannheim, 1967.

Kant, I., *Kritik der reinen Vernunft* [1781]. [Versión en castellano: *Crítica de la razón pura*, trad. P. Ribas, Alfaguara, Madrid, 1978.]

———, *Metaphysische Grundlagen der Naturwissenschaft* [1786]. [Versión en castellano: *Principios metafísicos de la ciencia de la naturaleza*, trad. C. Másmela, Alianza, Madrid, 1989.]

Kitcher, P., "Explanatory Unification and the Causal Structure of the World", en P. Kitcher y W. Salmon (comps.), *Scientific Explanation*, University of Minnesota Press, Minéápolis, 1989.

———, *The Advancement of Science*, Oxford University Press, Oxford, 1993. [Versión en castellano: *El avance de la ciencia*, trad. H. Islas y L. Manríquez, Universidad Nacional Autónoma de México-Instituto de Investigaciones Filosóficas, 2001.]

Koyré, A., *Études galiléennes* [1933], 2a. ed., Hermann, París, 1966. [Versión en castellano: *Estudios galileanos*, Siglo XXI, México, 1966.]

———, *Études newtoniennes* [1968], 2a. ed., Gallimard, París, 1985.

Krantz, D., R.J. Luce, P. Suppes y A. Tversky, *Foundations of Measurement*, Academic Press, Nueva York, 1971–1989, 3 vols.

Kuhn, T.S., *The Copernican Revolution*, Harvard University Press, Cambridge, Mass., 1957. [Versión en castellano: *La revolución copernicana*, trad. Doménech Bergadá, Ariel, Barcelona, 1978.]

———, *The Structure of Scientific Revolutions* [1962], 2a. ed., Universtiy of Chicago Press, Chicago, 1970. [Versión en castellano: *La estructura de las revoluciones científicas*, Fondo de Cultura Económica, México, 1986.]

———, "Theory-Change as Structure-Change: Comments on the Sneed Formalism", *Erkenntnis*, no. 10, vol. 2, 1976, pp. 179–199, incluido en *The Road since Structure*. [Versión en castellano: "Cambio de teoría como cambio de estructura: comentarios al formalismo de Sneed", en *El camino desde la estructura*.]

———, *The Essential Tension. Selected Studies in Scientific Tradition and Change*, University of Chicago Press, Chicago, 1977. [Versión en castellano: *La tensión esencial*, trad. Roberto Helier, Fondo de Cultura Económica, México, 1982.]

———, *The Road since Structure: Philosophical Essays 1970–1993*, University of Chicago Press, Chicago/Londres, 2000. [Versión en castellano: *El camino desde la estructura, ensayos filosóficos 1970–1993*, trad. A. Beltrán y J. Romo, Paidós, Barcelona/Buenos Aires, 2002.]

Lakatos, I., "Falsification and the Methodology of Scientific Research Programmes", en I. Lakatos y A. Musgrave (comps.), *Criticism and the Growth of Knowledge*, Cambridge University Press, Cambridge, 1970; posteriormente compilado en I. Lakatos, *The Methodology of Scientific Research Programmes*, Cambridge University Press, Cambridge, 1978. [Versión en castellano: "La falsación y la metodología de los programas de investigación científica", en *La crítica y el desarrollo del conocimiento*, trad. F. Hernán,

Grijalbo, Barcelona/México, 1975 y también en I. Lakatos, *La metodología de los programas de investigación científica*, trad. J.C. Zapatero, Alianza, Madrid, 2002.]

Laudan, L., *Progress and its Problems*, University of California Press, Berkeley, 1977. [Versión en castellano: *El progreso y sus problemas*, Encuentro, Madrid, 1986.]

Laugier, S. y P. Wagner (comps.), *Philosophie des sciences*, tomo 1: *Théories, experiences et méthodes*, y tomo 2: *Naturalismes et réalismes*, Vrin, París, 2004.

Lorenzen, P., *Einführung in die operative Logik und Mathematik*, Springer, Berlín, 1955.

Losee, J., *An Historical Introduction to the Philosophy of Science*, Clarendon Press, Oxford, 1972. [Versión en castellano: *Introducción histórica a la filosofía de la ciencia*, trad. A. Montesinos, Alianza, Madrid, 1978.]

Ludwig, G., *Die Grundstrukturen einer physikalischen Theorie*, Springer, Berlín, 1978.

Mach, E., *Die Mechanik in ihrer Entwicklung. Historisch-kritisch dargestellt*, Brockhaus, Leipzig, 1883. [Versión en castellano: *Desarrollo histórico-crítico de la mecánica*, trad. J. Barbini, Espasa-Calpe, Buenos Aires, 1949.]

——, *Die Analyse der Empfindungen*, Fischer, Jena, 1886. [Versión en castellano: *Análisis de las sensaciones*, trad. E. Ovejero y Maury, Alta Fulla, Barcelona, 1987.]

McKinsey, J.C.C., A. Sugar y P. Suppes, "Axiomatic Foundations of Classical Particle Mechanics", *Journal of Rational Mechanics and Analysis*, vol. 2, 1953, pp. 253–272.

Moulines, C.U., *Exploraciones metacientíficas*, Alianza, Madrid, 1982.

—— (ed.), "Structuralism. Special Issue", *Synthese*, 130, 2002, pp. 1–11.

Nagel, E., *The Structure of Science*, Harcourt, Nueva York, 1961. [Versión en castellano: *La estructura de la ciencia*, trad. N. Míguez, Paidós, Barcelona, 1981.]

Neurath, O., R. Carnap y H. Hahn, *Wissenschaftliche Weltauffassung. Der Wiener Kreis*, Wolf, Viena, 1929.

Newton, I., *Philosophia Naturalis Principia Mathematica* [1687], ed. A. Koyré e I.B. Cohen (según la 3a. ed.), Harvard University Press, Cambridge, Mass., 1972. [Versión en castellano: *Principios matemáticos de la ciencia natural*, trad. E. Rada García, Alianza, Madrid, 1987, 2 vols.]

Nicod, J., *La Géometrie dans le monde sensible* [1924], 2a. ed., PUF, París, 1962.

Niiniluoto, I., *Truthlikeness*, Reidel/Kluwer, Dordrecht, 1987.

Poincaré, H., *La science et l'hypothèse* [1902], Flammarion, París, 1968. [Versión en castellano: *La ciencia y la hipótesis*, trad. A.B. Besio y J. Banfi, Espasa-Calpe, Buenos Aires, 1945.]

——, *Dernières pensées* [1913], Flammarion, París, 1968. [Versión en castellano: *Últimos pensamientos*, trad. J. Banfi y A.B. Besio, Espasa-Calpe, Buenos Aires, 1946.]

Popper, K.R., *Logik der Forschung*, Springer, Viena, 1935. [Versión en castellano: *La lógica de la investigación científica*, trad. V. Sánchez de Zavala, Tecnos, Madrid, 1962.]

———, *Objective Knowledge*, Clarendon Press, Oxford, 1972. [Versión en castellano: *Conocimiento objetivo*, trad. C. Solís, Tecnos, Madrid, 1974.]

Quine, W.V.O., *From a Logical Point of View*, Harvard University Press, Cambridge, Mass., 1953. [Versión en castellano: *Desde un punto de vista lógico*, trad. M. Sacristán, Ariel, Barcelona, 1962.]

———, "Dos dogmas del empirismo", en *Desde un punto de vista lógico*, pp. 76-78.

———, "On Empirically Equivalent Systems of the World", *Erkenntnis*, 9, 1975, pp. 313-328.

Ramsey, F.P., *The Foundations of Mathematics and Other Logical Essays*, ed. R.B. Braithwaite, Routledge and Kegan Paul, Londres, 1931; reedición de 2000. [Versión en castellano del artículo "Theories" contenido en este libro en J.L. Rolleri (comp.), *Estructura y desarrollo de las teorías científicas*, Universidad Nacional Autónoma de México-Instituto de Investigaciones Filosóficas, México, 1986.]

Reichenbach, H., *Wahrscheinlichkeitslehre*, Sijthoof, Leyde, 1935.

———, *Experience and Prediction*, University of Chicago Press, Chicago, 1938.

Russell, B., *Our Knowledge of External World* [1914], 2a. ed., Open Court, Chicago, 1929. [Versión en castellano: *Nuestro conocimiento del mundo externo*, trad. R.J. Velzi, Losada, Buenos Aires, 1946.]

Salmon, W., *Statistical Explanation and Statistical Relevance*, University of Pittsburgh, Pittsburgh, 1971.

———, *Scientific Explanation and the Causal Structure of the World*, Princeton University Press, Princeton, 1984.

Schlick, M., *Allgemeine Erkenntnislehre* [1918], 2a. ed., Suhrkamp, Frankfurt, 1979. [Versión en inglés: *General Theory of Knowledge*, Springer, Nueva York, 1974.]

Sneed, J.D., *The Logical Structure of Mathematical Physics* [1971], 2a. ed., Reidel/Kluwer, Dordrecht, 1978.

Stegmüller, W., *Theorie und Erfahrung*, Springer, Berlín, 1970. [Versión en castellano: *Teoría y experiencia*, trad. C.U. Moulines, Ariel, Barcelona, 1979.]

———, *Theorienstrukturen und Theoriendynamik*, Springer, Berlín, 1973. [Versión en castellano: *Estructura y dinámica de teorías*, trad. C.U. Moulines, Ariel, Barcelona, 1983.]

———, *The Structuralist View of Theories*, Springer, Berlín, 1979. [Versión en castellano: *La concepción estructuralista de las teorías*, trad. J.L. Zafio Ferrer, Alianza, Madrid, 1981.]

Suppe, F., *The Meaning and Use of Models in Mathematics and the Exact Sciences*, tesis doctoral, University of Michigan, Ann Arbor, 1967.

Suppe, F. (ed.), *The Structure of Scientific Theories*, University of Illinois Press, Urbana, 1974. [Versión en castellano: *La estructura de las teorías científicas*, trad. P. Castrillo y E. Rada, Editora Nacional, Madrid, 1979.]
———, *The Semantic Conception of Theories and Scientific Realism*, University of Illinois Press, Urbana, 1989.
Suppes, P., *Introduction to Logic* [1957], 2a. ed., Dover, Nueva York, 1999.
———, *Models and Methods in the Philosophy of Science*, Kluwer, Dordrecht, 1993.
———, "Representation Theory and the Analysis of Science", *Philosophia Naturalis*, 25, 1988, pp. 254–268.
———, *Set-Theoretical Structures in Science*, mimeografiado, Stanford University, Palo Alto, California, 1967.
Van Fraassen, B., *The Scientific Image*, Clarendon Press, Oxford, 1980. [Versión en castellano: *La imagen científica*, trad. S. Martínez, Paidós/Universidad Nacional Autónoma de México, México, 1996.
———, *Laws and Symmetry*, Clarendon Press, Oxford, 1989.
Wagner, P. (dir.), *Les Philosophes et les sciences*, Gallimard, París, 2002.
Wittgenstein, L., *Logisch-philosophische Abhandlung. Tractatus logico-philosophicus*, Routledge and Kegan Paul, Londres, 1922; reedición en L. Wittgenstein, *Werkausgabe*, tomo 1, Suhrkamp, Frankfurt, 1989. [Versión en castellano: *Tractatus logico-philosophicus*, edición bilingüe, trad. J. Muñoz e I. Reguera, Alianza, Madrid, 1987.]

Índice onomástico

Índice analítico

Indice

El desarrollo moderno de la filosofía de la ciencia (1890–2000), editado por el Instituto de Investigaciones Filosóficas de la UNAM, se terminó de imprimir el 2 de agosto de 2011, en los talleres de Editorial Cromo Color S.A. de C.V. (Miravalle no. 703, colonia Portales, Delegación Benito Juárez, 03570, México, D.F.). Para su impresión, realizada en offset, se utilizó papel cultural de 90 gr; en su composición y formación tipográficas, llevadas a cabo por computadora, se usaron el programa LaTeX 2ε y tipos New Baskerville 10.5/12, 9.5/11 y 8.5/10.
El tiraje consta de 1000 ejemplares.